

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-345243

(43)Date of publication of application : 14.12.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G01B 11/00
G03F 7/22

(21)Application number : 2000-161323

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing :

31.05.2000

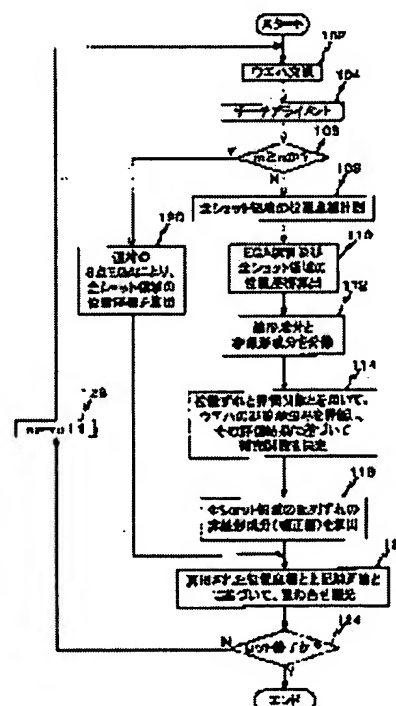
(72)Inventor : KIKUCHI TAKAHISA

(54) METHODS FOR EVALUATION, POSITION DETECTION, EXPOSURE, AND MANUFACTURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect the positions of a plurality of areas on substrates with high accuracy at a high throughput in the treatment of one lot of substrates.

SOLUTION: For the wafers before the n-th substrate ($n \geq 2$) in one lot, the positions of all shots are detected and each misalignment is divided into a nonlinear component and a linear component (steps 108-112) and the nonlinear distortions of the wafers are evaluated by using the misalignment and an evaluation function and the nonlinear components of the misalignment of all shots are calculated, based on a complementary function decided on the basis of the evaluated results (steps 114-118). For the wafers after the n-th wafer, the position coordinates of all shots for which the linear components of the misalignment are corrected by EGA are detected, based on the position coordinates of the shots for which the linear components are corrected and the nonlinear components are corrected (step 122).



LEGAL STATUS

BEST AVAILABLE COPY

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the evaluation approach of evaluating the regularity and extent of nonlinear distortion of a substrate. About each of two or more partition fields on a substrate The process which detects the mark prepared corresponding to each partition field, and calculates the amount of location gaps with a predetermined criteria location; The 1st vector which shows said amount of location gaps of the partition field to which its attention is paid on said substrate, The evaluation approach which contains the process which evaluates the regularity and extent of nonlinear distortion of said substrate, and; using the performance index between each 2nd vector which shows said amount of location gaps of two or more partition fields of each of the perimeter which searches for the correlation about a direction at least.

[Claim 2] Said performance index is the evaluation approach according to claim 1 characterized by being a function for searching for the correlation about the direction and size between said 1st vector and said each 2nd vector.

[Claim 3] The evaluation approach according to claim 1 or 2 characterized by including further the process which determines the correction value of the positional information used for carrying out alignment of said each partition field to a predetermined point using said performance index.

[Claim 4] Said performance index A sequential change of the partition field to which its attention is paid on said substrate is made at each of the partition field of N individual on said substrate (N is the natural number). The evaluation approach given in any 1 term of claims 1-3 characterized by being the 2nd function equivalent to the arithmetical mean of the 1st function of N individual for searching for the correlation with said 1st vector acquired and each 2nd vector of two or more shot fields of the perimeter concerning a direction at least.

[Claim 5] In the location detection approach of detecting the positional information used for alignment with a predetermined point in two or more partition fields on a substrate, respectively While computing said positional information by the statistics operation using the observation positional information which detects two or more marks on said substrate, and is acquired The 1st vector which shows the amount of location gaps with the predetermined criteria location of the partition field to which its attention is paid on said substrate, The function between each 2nd vector which shows the amount of location gaps with said criteria location of two or more partition fields of each of the perimeter which searches for the correlation about a direction at least is used. The location detection approach characterized by determining at least one side of an amendment parameter which determines the correction value and this correction value of said positional information.

[Claim 6] The location detection approach according to claim 5 characterized by determining said correction value that the linearity component of the position error of each of said partition field is amended by said statistics operation, said positional information is computed and the nonlinear component of said position error is amended by said function.

[Claim 7] Said observation positional information is the location detection approach according to claim 5 or 6 characterized by computing the parameter of the transformation which corresponds to a position error with said predetermined point based on the design positional information of said partition field,

performs a statistics operation using said observation positional information acquired in at least three specific partition fields among said two or more partition fields, respectively, and derives said positional information.

[Claim 8] The location detection approach according to claim 7 characterized by determining said weight using said function while computing said parameter by giving weight to said observation positional information for said every specific partition field.

[Claim 9] Said observation positional information is the location detection approach according to claim 5 or 6 which is the coordinate value of said mark on the rest frame which specifies the migration location of said substrate, and is characterized by said positional information being a coordinate value on said rest frame of each of said partition field.

[Claim 10] The correction value of said positional information is the location detection approach given in any 1 term of claims 5-9 characterized by what it opts for based on the complement function optimized using said function.

[Claim 11] In the location detection approach of detecting the positional information used for alignment with a predetermined point in two or more partition fields on a substrate, respectively, in order for two or more substrates to detect the positional information of said partition field, respectively Among said two or more substrates, about the sheet [n-th] substrate after the 2nd sheet this -- with the linearity component of the positional information of each of said partition field which computed two or more marks on a sheet [n-th] substrate by the statistics operation using the observation positional information corresponding to a position error with said predetermined point based on the design positional information in at least three specific partition fields detected and obtained The location detection approach characterized by using the nonlinear component of the positional information of each of said partition field in at least one substrate before said n-th sheet.

[Claim 12] The nonlinear component of said positional information about said each partition field The single complement function optimized based on the index which shows the regularity and extent of nonlinear distortion of said substrate obtained from the evaluation result of having evaluated the measurement result of the positional information of each of said partition field about at least one substrate before said n-th sheet using the predetermined performance index, The location detection approach according to claim 11 characterized by asking based on the nonlinear component of the positional information of each of said called-for partition field about at least one substrate before said n-th sheet.

[Claim 13] Said complement function is the location detection approach according to claim 12 which is the function by which the fourier expansion into series was carried out, and is characterized by optimizing the highest degree of said fourier expansion into series based on said evaluation result.

[Claim 14] The nonlinear component of said positional information about said each partition field The positional information of each of said partition field which made weighting the observation positional information which detects two or more marks on at least one substrate before said n-th sheet, and is acquired, and computed by performing a statistics operation using the information after this weighting, The location detection approach according to claim 11 characterized by asking based on a difference with the positional information of each of said partition field which computed by performing a statistics operation using the observation positional information which detects two or more marks on said substrate, and is acquired.

[Claim 15] In the location detection approach of detecting the positional information used for alignment with a predetermined point in two or more partition fields on a substrate, respectively, in order for two or more substrates to detect the positional information of each of said partition field, respectively Among said two or more substrates, about the sheet [n-th] substrate after the 2nd sheet It is based on the index which shows the regularity and extent of nonlinear distortion of said substrate obtained from the evaluation result of having evaluated the observation positional information corresponding to a position error with said predetermined point of each of said partition field about at least one substrate before said n-th sheet using the predetermined performance index. Said two or more partition fields It blocks beforehand. Said positional information of all the partition fields belonging to the block which

corresponds using the observation positional information corresponding to a position error with said predetermined point about 2nd number smaller than the 1st number which is the number of all the partition fields that belong to each block for said every block of partition fields The location detection approach characterized by what it opts for.

[Claim 16] In the location detection approach of detecting the positional information used for alignment with a predetermined point in two or more partition fields on a substrate, respectively While making weighting the observation positional information which detects two or more marks on said substrate, and is acquired and computing said positional information by the statistics operation using the information after this weighting The 1st vector which shows the amount of location gaps with the predetermined criteria location of the partition field to which its attention is paid on said substrate, The location detection approach characterized by determining the weight parameter for said weighting using the function between each 2nd vector which shows the amount of location gaps with said criteria location of two or more partition fields of each of the perimeter which searches for the correlation about a direction at least.

[Claim 17] In the exposure approach which carries out sequential exposure of two or more partition fields on a substrate, and forms a predetermined pattern in each partition field In carrying out exposure processing of two or more substrates about the sheet [n-th] substrate after the 2nd sheet of said two or more substrates The exposure approach characterized by exposing each partition field concerned after detecting the positional information of each partition field and carrying out sequential migration of said each partition field in an exposure criteria location based on this detection result using the location detection approach given in any 1 term of claims 5-16.

[Claim 18] The device manufacture approach which is the device manufacture approach including a lithography process, and is characterized by exposing using the exposure approach according to claim 17 at said lithography process.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the evaluation approach, the location detection approach, the exposure approach, and the device manufacture approach, and relates in more detail to the location detection approach of detecting the location of two or more partition fields arranged on the substrate using the evaluation approach and this evaluation approach of evaluating the regularity and extent of nonlinear distortion of a substrate, the exposure approach using this location detection approach, and the device manufacture approach using this exposure approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, in the production process of devices, such as a semiconductor device, aligners, such as step-and-repeat method or step - and - scanning method, a wafer prober, or laser repair equipment is used. these equipments -- a substrate top -- being regular (the shape of a matrix) -- it is necessary to carry out alignment (alignment) of each of two or more arranged chip pattern spaces (shot field) to a precision extremely to the predetermined reference point (for example, point of various equipments processing [processing]) in the rest frame (namely, rectangular coordinate system specified by the laser interferometer) which specifies the migration location of a substrate

[0003] Especially, in the aligner, in order to face carry out alignment (alignment) of the substrates (a semi-conductor wafer, glass plate, etc.) to the projection location of the pattern formed in the mask or the reticle (it be hereafter name a "reticle" generically) and to prevent the fall of the yield by generating of the defective in the chip of a manufacture phase, always highly precise and maintain to stability be expect the alignment precision.

[0004] Usually, although the circuit pattern (reticle pattern) of ten or more layers is piled up and imprinted on a wafer at an exposure process, when the superposition precision between each class is bad, un-arranging may arise in the property on a circuit. In such a case, a chip will not satisfy an expected property, but when the worst, the chip will become a defective, and the yield will be reduced. So, at an exposure process, the alignment mark is beforehand attached to each of two or more shot fields on a wafer, and the mark location on stage system of coordinates (coordinate value) is detected. After an appropriate time, wafer alignment which carries out alignment (positioning) of the one shot field on a wafer to a reticle pattern based on this mark positional information and the positional information (this is measured in advance) of a known reticle pattern is performed.

[0005] It divides roughly into wafer alignment, there are two methods, and one is a die Bayh die (D/D) alignment method which detects the alignment mark for every shot field on a wafer, and performs alignment. Another is detecting the alignment mark of only some shot fields on a wafer, and searching for the regularity of a shot array, and is a global alignment method which carries out alignment of each shot field. Now, in the device production line, the global alignment method is mainly used from balance with a throughput. The en hunger strike global alignment (EGA) method which specifies the regularity of the shot array on a wafer as a precision with a statistical method is in use so that it may especially be indicated by a Provisional-Publication-No. 61-No. 44429 official report, the Provisional-Publication-No.

62-No. 84516 official report, etc. by current, for example.

[0006] Plurality beforehand chosen as a specific shot field in one wafer with the EGA method (three or more pieces are required) Usually, after measuring the position coordinate of only about 7-15 shot fields and computing the position coordinate (shot array) of all the shot fields on a wafer using statistics data processing (least square method etc.) from these measurement values, Stepping of the wafer stage is carried out according to this computed shot array. Measurement time amount is short, and ends and this EGA method has the advantage in which the equalization effectiveness is expectable to a random measurement error.

[0007] Here, the statistics art currently performed by the EGA method is explained briefly. the array coordinate on the design of the specific shot field (sample shot) of m ($m \geq 3$ integer) individual on a wafer -- $n(X_n, Y_n) = 1, 2, \dots, m$ -- it carries out and a linear model as shown by the degree type (1) about the gap ($\Delta X_n, \Delta Y_n$) from the array coordinate on a design is assumed.

[0008]

[Equation 1]

$$\begin{pmatrix} \Delta X_n \\ \Delta Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_n \\ Y_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix} \quad \dots (1)$$

[0009] Furthermore, when the gap (measurement value) from the array coordinate on m designs of each actual array coordinate of a sample shot is set to (Δx_n and Δy_n), the sum of squares E of the remainder when applying this model is expressed with a degree type (2).

[0010]

[Equation 2]

$$E = \sum \{ (\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2 \} \quad \dots (2)$$

[0011] Then, what is necessary is just to ask for the parameters a, b, c, d, e, and f which make this formula min. By the EGA method, the array coordinate of all the shot fields on a wafer will be computed based on parameter a-f which were computed by carrying out, and the array coordinate on a design like the above. As mentioned above, if treatment is required and is put in another way by the EGA method as that whose shot array error on a wafer is linearity, an EGA operation will be linearity primary approximation. Therefore, the components which can be amended using an EGA method are only linearity components, such as telescopic motion of a wafer, and rotation.

[0012] However, in the superposition between aligners, or the superposition between each class which passed through process processes, such as surface treatment, also in the same aligner, a nonlinear component may arise in distortion of a wafer. In the case of the former, the error between stage system of coordinates which specifies the migration location of the wafer between aligners is one of the cause, and when it is the latter, a process process may give distortion to a shot array.

[0013] Thus, it is difficult for the local array error fluctuation on the produced wafer, i.e., a nonlinear distortion component, to correspond with an EGA method.

[0014] In the present condition, corresponding as opposed to such a situation by the so-called wafer alignment of the weighting EGA method indicated by JP,5-304077,A etc. at a detail is made. Here, this weighting EGA method is explained briefly.

[0015] That is, by this weighting EGA method, the position coordinate on the rest frame of at least three sample shots beforehand chosen among two or more shot fields on a wafer (partition field) is measured. Subsequently, the distance between shot fields (the central point) and each of a sample shot (the central point) concerned is embraced for every shot field on a wafer. Or the distance between the predetermined points beforehand specified on the shot field and the wafer paying one's attention (the 1st information), The distance between the points paying its attention and each of a sample shot concerned (the 2nd information) is embraced. By performing weighting to each of the position coordinate on the rest frame of a sample shot, and performing statistics operations (least square method or simple equalization

processing) using two or more position coordinates to which weighting of the parenthesis was carried out. The position coordinate on each rest frame of two or more shot fields on a wafer is determined. And based on the determined position coordinate, alignment of each of two or more shot fields arranged on the wafer is carried out to the predetermined criteria location in rest frame (for example, imprint location of a reticle pattern).

[0016] According to such a weighting EGA method, it is possible to carry out alignment of all the shot fields to highly precise and a high speed to a predetermined criteria location, there being comparatively few sample shots per hours, and ending, and stopping computational complexity, even if it is the wafer with which a local array error (nonlinear distortion) exists.

[0017] By the way, it asks for the parameters a, b, c, d, e, and f with which the sum of squares E_i of the remainder as shown by the formula (3) serves as min for every shot field using the weighting W_{in} which is expressed with a weighting EGA method by the following formula (4) so that it may be indicated by the above-mentioned official report.

[0018]

[Equation 3]

$$E_i = \sum_{n=1}^m W_{in} \{ (\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2 \} \dots (3)$$

$$W_{in} = \frac{1}{\sqrt{2\pi S}} e^{-L_{in}^2/2S} \dots (4)$$

[0019] In an upper type (4), L_{in} is the distance of the target shot field (i-th shot field) and n-th sample shot. S is a parameter which determines weighting.

[0020] or -- weighting -- EGA -- a method -- **** -- a degree -- a formula -- (-- six --) -- expressing -- having -- as -- weighting -- W_{in} -- ' -- using -- a formula -- (-- five --) -- being shown -- having -- as -- the remainder -- a sum of squares -- E_i -- ' -- min -- becoming -- as -- a parameter -- a -- b -- c -- d -- e -- f -- every shot field -- asking .

[0021]

[Equation 4]

$$E_i' = \sum_{n=1}^m W_{in}' \{ (\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2 \} \dots (5)$$

$$W_{in}' = \frac{1}{\sqrt{2\pi S}} e^{-(L_{in} - L_{m_n})^2/2S} \dots (6)$$

[0022] In an upper type (6), the distance of the target shot [L_{Ei}] field (i-th shot field) and the point (wafer center) paying their attention and L_{Wn} are the distance of the n-th sample shot and the point (wafer center) paying their attention. Moreover, the parameter S in a formula (4) and (6) is expressed with a degree type (7) as an example.

[0023]

[Equation 5]

$$S = \frac{B^2}{8 \cdot \log_{10}} \dots (7)$$

[0024] In a formula (7), B is a weight parameter and the physical semantics of this weight parameter B is the range of a sample shot effective in calculating the position coordinate of each shot field on a wafer (it is only hereafter called a "zone"). Therefore, since the number of effective sample shots increases when a zone is large, it becomes close to the result obtained by the conventional EGA method.

Conversely, since the number of effective sample shots decreases when a zone is small, it becomes close to the result obtained by the D/D method.

[0025]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the present aligner, although the weight parameter

mentioned above can be set as five steps (the same size as the maximum wafer), the technique the setup sets up the optimal field by an experiment (actually carrying out superposition exposure) or simulation based on experience of an operator is adopted. Since the basis of a setup of a weight parameter (zone) was not clear, there was no other way but to determine [rule of thumb].

[0026] moreover -- a weighting EGA method -- many -- when processing several wafers continuously, even if those wafers are wafers which passed through the same process, an alignment mark must be measured about the sample shot chosen at least to all wafers (alignment measurement). Although it is necessary to measure about the EGA measure point near all points in order to raise the measurement precision of alignment to the same extent as a D/D method especially, in such a case, a throughput will fall.

[0027] Furthermore, by the weighting EGA method, the rule of thumb had also determined the number of EGA measure points conventionally.

[0028] This invention was made under this situation, and the 1st purpose does not depend the nonlinear distortion of a substrate on a rule of thumb, but is to offer the evaluation approach which can be evaluated appropriately.

[0029] The 2nd purpose of this invention is not based on a rule of thumb, but is to offer the location detection approach that the positional information used for alignment with a predetermined point in two or more partition fields on a substrate, respectively is detectable with a sufficient precision by the high throughput.

[0030] In carrying out exposure processing of two or more substrates, the 3rd purpose of this invention is to offer the exposure approach which can raise both exposure precision and a throughput.

[0031] The 4th purpose of this invention is to offer the device manufacture approach which can raise the productivity of a micro device.

[0032]

[Means for Solving the Problem] Invention according to claim 1 is the evaluation approach of evaluating the regularity and extent of nonlinear distortion of a substrate. The process which detects the mark prepared about each of two or more partition fields on a substrate corresponding to each partition field, and calculates the amount of location gaps with a predetermined criteria location; The 1st vector which shows said amount of location gaps of the partition field to which its attention is paid on said substrate, The process and; which evaluate the regularity and extent of nonlinear distortion of said substrate are included using the performance index between each 2nd vector which shows said amount of location gaps of two or more partition fields of each of the perimeter which searches for the correlation about a direction at least.

[0033] According to this, the mark prepared about each of two or more partition fields on a substrate corresponding to each partition field is detected, and the amount of location gaps with a predetermined criteria location is calculated. And the regularity and extent of nonlinear distortion of a substrate are evaluated using the performance index between the 1st vector which shows said amount of location gaps of the partition field to which its attention is paid on a substrate, and each 2nd vector which shows said amount of location gaps of two or more partition fields of each of the perimeter which searches for the correlation about a direction at least. The nonlinear distortion of almost as same the direction as that partition field to which its attention is paid and partition field of that perimeter as the correlation searched for by this performance index being high (close to 1) arose, and the nonlinear distortion of as random in that partition field to which its attention is paid and partition field of that perimeter a direction as correlation being low (close to 0) has arisen. Moreover, considering the case where the so-called large "jump field" is included in two or more partition fields compared with the partition field of others [error / measurement], since correlation with a surrounding partition field is almost zero, the partition field can reduce the effect of such a jump field effectively by using the above-mentioned performance index as a result.

[0034] Therefore, the nonlinear distortion of a substrate is not depended on a rule of thumb, but it becomes possible to evaluate appropriately. Moreover, based on this evaluation result, the measure point (the number of marks used for measurement of positional information and arrangement at least on the

other hand) in EGA or weighting EGA cannot be depended on a rule of thumb, but can be determined appropriately. In addition, the mark used for measurement of positional information is usually prepared corresponding to two or more specific shot fields on the preselected substrate (sample shot).

[0035] In this case, said performance index is good like invention according to claim 2 also as being a function for searching for the correlation about the direction and size between said 1st vector and said each 2nd vector.

[0036] Suppose that the process which determines the correction value of the positional information used for carrying out alignment of said each partition field to a predetermined point like invention according to claim 3 using said performance index in each invention given in above-mentioned claims 1 and 2 is included further.

[0037] In each invention given in above-mentioned claims 1-3 like invention according to claim 4 said performance index A sequential change of the partition field to which its attention is paid on said substrate is made at each of the partition field of N individual on said substrate (N is the natural number). Suppose that it is the 2nd function equivalent to the arithmetical mean of the 1st function of N individual for searching for the correlation with said 1st vector acquired and each 2nd vector of two or more shot fields of the perimeter concerning a direction at least. According to this performance index, the regularity and extent of nonlinear distortion can be evaluated about the field on a substrate including the partition field of N individual, without depending on a rule of thumb. The regularity and extent of nonlinear distortion can be evaluated without depending on a rule of thumb about the whole substrate, when the partition field of N individual is equivalent to the whole division drawing field on a substrate especially.

[0038] In the location detection approach of detecting the positional information by which invention according to claim 5 is used for alignment with a predetermined point in two or more partition fields on a substrate, respectively While computing said positional information by the statistics operation using the observation positional information which detects two or more marks on said substrate, and is acquired The 1st vector which shows the amount of location gaps with the predetermined criteria location of the partition field to which its attention is paid on said substrate, It is characterized by determining at least one side of an amendment parameter which determines the correction value and this correction value of said positional information using the function between each 2nd vector which shows the amount of location gaps with said criteria location of two or more partition fields of each of the perimeter which searches for the correlation about a direction at least.

[0039] According to this, the positional information used for alignment with a predetermined point in two or more partition fields on a substrate by the statistics operation using the observation positional information which detects two or more marks on a substrate, and is acquired, respectively is computed. And at least one side of a parameter which determines the correction value and this correction value of said positional information determines using the function between the 1st vector which shows the amount of location gaps with the predetermined criteria location of the partition field to which its attention is paid on the substrate obtained based on the above-mentioned observation positional information, and each 2nd vector which show the amount of location gaps with the criteria location of two or more partition fields of each of the perimeter which searches for the correlation about a direction at least. That is, if the above-mentioned function is used, as claim 1 explained, it cannot be based on a rule of thumb, but the nonlinear distortion of a substrate can be evaluated, and it can be determined [cannot depend at least one side of a parameter which determines the correction value and this correction value of said positional information which took into consideration extent and magnitude of nonlinear distortion of a substrate using the function as a result and] as a rule of thumb. Therefore, it cannot be based on a rule of thumb, but the positional information used for alignment with a predetermined point in two or more partition fields on a substrate, respectively can be detected with a sufficient precision, and since it is sufficient if detection of two or more marks for moreover acquiring observation positional information is performed about the mark of the part on a substrate, high throughput detection is possible.

[0040] In this case, suppose that said correction value is determined that the linearity component of the

position error of each of said partition field is amended by said statistics operation, said positional information is computed and the nonlinear component of said position error is amended by said function like invention according to claim 6.

[0041] In the location detection approach concerning each invention given in above-mentioned claims 5 and 6 like invention according to claim 7 said observation positional information It corresponds to a position error with said predetermined point based on the design positional information of said partition field. A statistics operation can be performed using said observation positional information acquired in at least three specific partition fields among said two or more partition fields, respectively, and suppose that the parameter of the transformation which derives said positional information is computed.

[0042] In this case, while computing said parameter like invention according to claim 8 by giving weight to said observation positional information for said every specific partition field, it is good also as determining said weight using said function. In this case, weight cannot be depended on a rule of thumb, but can be determined appropriately.

[0043] In the location detection approach concerning each invention given in above-mentioned claims 5 and 6, like invention according to claim 9, said observation positional information is the coordinate value of said mark on the rest frame which specifies the migration location of said substrate, and can presuppose that it is said positional information a coordinate value on said rest frame of each of said partition field.

[0044] In the location detection approach concerning each invention given in above-mentioned claims 5-9, the correction value of said positional information is good like invention according to claim 10 also as being determined based on the complement function optimized using said function.

[0045] In order that invention according to claim 11 may detect the positional information of said partition field with two or more substrates in the location detection approach of detecting the positional information used for alignment with a predetermined point in two or more partition fields on a substrate, respectively, respectively Among said two or more substrates, about the sheet [n-th] substrate after the 2nd sheet this -- with the linearity component of the positional information of each of said partition field which computed two or more marks on a sheet [n-th] substrate by the statistics operation using the observation positional information corresponding to a position error with said predetermined point based on the design positional information in at least three specific partition fields detected and obtained It is characterized by using the nonlinear component of the positional information of each of said partition field in at least one substrate before said n-th sheet.

[0046] Here, the relative position (for example, location of the partition field on the substrate to the mask in the case of an aligner) of each partition field to the amount of location gaps and the predetermined criteria location from a design value of each partition field, the pitch between partition fields, etc. are the information about the location of each partition field, and "positional information" includes all the suitable information for statistics processing.

[0047] According to this, are in charge of the substrate of two or more sheets, for example, one lot, detecting the positional information of a partition field, respectively. About the sheet [n-th] substrate after the 2nd sheet in a lot this -- with the linearity component of the positional information of each of said partition field which computed two or more marks on a sheet [n-th] substrate by the statistics operation using the observation positional information corresponding to a position error with said predetermined point based on the design positional information in at least three specific partition fields detected and obtained The nonlinear component of the positional information of each of said partition field in at least one substrate before said n-th sheet is used. For this reason, about a sheet [n-th] substrate, it becomes possible to only detect two or more marks for searching for the positional information of at least three specific partition fields where it was beforehand chosen on the substrate, and to detect correctly the positional information of two or more partition fields of each by the high throughput. especially, when searching for two or more positional information of each partition field like the n-th sheet about all the substrates after the n-th sheet, a throughput can be improved most.

[0048] Like invention according to claim 12, in this case, the nonlinear component of the positional information about each of two or more of said partition fields The single complement function

optimized based on the index which shows the regularity and extent of nonlinear distortion of said substrate obtained from the evaluation result of having evaluated the measurement result of the positional information of each of said partition field about at least one substrate before said n-th sheet using the predetermined performance index, Suppose that it asks based on the nonlinear component of the positional information of each of said called-for partition field about at least one substrate before said n-th sheet. In this case, the performance index of a publication can be used for claims 1, 2, and 4 mentioned above.

[0049] In this case, when said complement function is a function by which the fourier expansion into series was carried out like invention according to claim 13, suppose that the highest degree of said fourier expansion into series is optimized based on said evaluation result.

[0050] In invention given in above-mentioned claim 11 like invention according to claim 14 the nonlinear component of said positional information about said each partition field The positional information of each of said partition field which made weighting the observation positional information which detects two or more marks on at least one substrate before said n-th sheet, and is acquired, and computed by performing a statistics operation using the information after this weighting, Suppose that it asks based on a difference with the positional information of each of said partition field which computed by performing a statistics operation using the observation positional information which detects two or more marks on said substrate, and is acquired.

[0051] In order that invention according to claim 15 may detect the positional information of each of said partition field with two or more substrates in the location detection approach of detecting the positional information used for alignment with a predetermined point in two or more partition fields on a substrate, respectively, respectively Among said two or more substrates, about the sheet [n-th] substrate after the 2nd sheet It is based on the index which shows the regularity and extent of nonlinear distortion of said substrate obtained from the evaluation result of having evaluated the observation positional information corresponding to a position error with said predetermined point of each of said partition field about at least one substrate before said n-th sheet using the predetermined performance index. Said two or more partition fields It blocks beforehand. It is characterized by determining said positional information of all the partition fields belonging to the block which corresponds using the observation positional information corresponding to a position error with said predetermined point about 2nd number smaller than the 1st number which is the number of all the partition fields that belong to each block for said every block of partition fields.

[0052] According to this, it faces that the substrate of two or more sheets, for example, one lot, detects the positional information of each partition field, respectively. About the n-th substrate after the 2nd sheet in a lot It is based on the index which shows the regularity and extent of nonlinear distortion of the substrate obtained from the evaluation result of having evaluated the observation positional information corresponding to a position error with said predetermined point of each partition field about at least one substrate before said n-th sheet using the predetermined performance index. Two or more partition fields It blocks beforehand and said positional information of all the partition fields belonging to the block which corresponds using the observation positional information corresponding to a position error with said predetermined point about 2nd number smaller than the 1st number which is the number of all the partition fields that belong to each block for every block of partition fields is determined. About a sheet [n-th] substrate, namely, by using an evaluation result According to the regularity and extent of nonlinear distortion of a substrate, perform a suitable block division, and it is considered that 1st number belonging to that the block of each of partition fields are one big partition field. The positional information (a linearity component and a nonlinear component are included) of 1 within the block or two or more partition fields is detected by the same technique as the die BAIDAI method mentioned above for every partition field. When the number of the detection positional information is one and the detection positional information is plurality about the positional information, let those average values be the positional information of all the partition fields belonging to a corresponding block. Therefore, the time amount which detection (observation) takes can be shortened, maintaining the detection precision of the positional information of a partition field compared with the conventional die BAIDAI method.

When adopting the above-mentioned technique about all the substrates after the n-th sheet especially, a throughput can be raised most.

[0053] In the location detection approach of detecting the positional information by which invention according to claim 16 is used for alignment with a predetermined point in two or more partition fields on a substrate, respectively While making weighting the observation positional information which detects two or more marks on said substrate, and is acquired and computing said positional information by the statistics operation using the information after this weighting The 1st vector which shows the amount of location gaps with the predetermined criteria location of the partition field to which its attention is paid on said substrate, It is characterized by determining the weight parameter for said weighting using the function between each 2nd vector which shows the amount of location gaps with said criteria location of two or more partition fields of each of the perimeter which searches for the correlation about a direction at least.

[0054] According to this, by using the above-mentioned function, as claim 1 explained, as a result, using the function, it cannot be based on a rule of thumb, but the nonlinear distortion of a substrate can be evaluated, and it can be determined [cannot depend the weight parameter for weighting in consideration of extent and magnitude of nonlinear distortion of a substrate, and] as a rule of thumb. Therefore, it cannot be based on a rule of thumb, but the positional information used for alignment with a predetermined point in two or more partition fields on a substrate, respectively can be detected with a sufficient precision, and since it is sufficient if detection of two or more marks for moreover acquiring observation positional information is performed about the mark corresponding to some partition fields of the two or more division drawing field on a substrate, high throughput detection is possible.

[0055] In the exposure approach which invention according to claim 17 carries out sequential exposure of two or more partition fields on a substrate, and forms a predetermined pattern in each partition field In carrying out exposure processing of two or more substrates about the sheet [n-th] substrate after the 2nd sheet of said two or more substrates After detecting the positional information of each partition field and carrying out sequential migration of said each partition field in an exposure criteria location based on this detection result using the location detection approach given in any 1 term of claims 5-16, it is characterized by exposing each partition field concerned.

[0056] Since the positional information of each of two or more of said partition fields is detected [according to this] about the sheet [n-th] substrate after the 2nd sheet in a lot using the location detection approach of a publication in any 1 term of claims 5-16 in carrying out exposure processing of the substrate of two or more sheets, for example, one lot, it is accurate and the positional information of two or more partition fields on a substrate can be detected by the high throughput. Moreover, since exposure is performed after carrying out sequential migration of each partition field in an exposure criteria location using the positional information detected with this sufficient precision, good exposure of superposition precision is attained. When applying the above-mentioned location detection approach to all the substrates after the n-th sheet especially, a throughput can be raised most.

[0057] Invention according to claim 18 is the device manufacture approach including a lithography process, and is characterized by exposing using the exposure approach according to claim 17 at said lithography process.

[0058] Since the exposure approach concerning invention according to claim 17 is used at a lithography process according to this, superposition precision is maintained with high precision, and exposure is performed by the high throughput. Consequently, it can become possible to form a more detailed circuit pattern with a sufficient superposition precision on a substrate, and improvement in a throughput and an interval can raise the productivity (the yield is included) of the micro device of a high degree of integration.

[0059]

[Embodiment of the Invention] << -- 1st operation gestalt>> -- the 1st operation gestalt of this invention is hereafter explained based on drawing 1 - drawing 4 .

[0060] The outline configuration of the aligner 100 for enforcing the exposure approach concerning 1 operation gestalt of this invention is shown in drawing 1 . This aligner 100 is a projection aligner of step

- and - scanning method. This aligner 100 is equipped with the wafer stage WST in which the reticle stage RST holding an illumination system 10 and the reticle R as a mask, projection optics PL, and the wafer W as a substrate are carried, and the main control system 20 grade which carries out generalization control of the whole equipment.

[0061] Said illumination system 10 is constituted including the illuminance equalization optical system which consists of the light source, a fly eye lens, or a rod integrator (internal reflection mold integrator), the relay lens, the adjustable ND filter, the reticle blind, the dichroic mirror (all are un-illustrating), etc. so that it may be indicated by JP,10-112433,A etc. The lighting field part of the shape of a slit specified in this illumination system 10 with the reticle blind on the reticle R on which the circuit pattern etc. was drawn is illuminated with an almost uniform illuminance by the illumination light IL. Here, as illumination light IL, vacuum-ultraviolet light, such as far-ultraviolet light, such as KrF excimer laser light (wavelength of 248nm), ArF excimer laser light (wavelength of 193nm), or F2 laser beam (wavelength of 157nm), etc. is used. As illumination light IL, it is also possible to use the bright lines (g line, i line, etc.) of the ultraviolet area from an extra-high pressure mercury lamp.

[0062] Reticle R is being fixed by for example, vacuum adsorption on said reticle stage RST. By the reticle stage mechanical component which is not illustrated [which consists of the two-dimensional linear actuator of a magnetic levitation mold], a reticle stage RST can be driven here with the scan speed specified as the predetermined scanning direction (here, it considers as the direction of Y) while it can be driven very small in XY flat surface perpendicular to the optical axis (it is in agreement with the optical axis AX of the projection optics PL mentioned later) of an illumination system 10 for positioning of Reticle R. Furthermore, with this operation gestalt, since the thing containing the coil for Z drive other than the coil for X drive and the coil for Y drive is used as a two-dimensional linear actuator of the above-mentioned magnetic levitation mold, it has composition which can be driven minute in the reticle stage RST also at the Z direction.

[0063] The location within the stage migration side of a reticle stage RST is always detected by the reticle laser interferometer (henceforth a "reticle interferometer") 16 with the resolution of about 0.5-1nm through the migration mirror 15. The positional information of the reticle stage RST from the reticle interferometer 16 is supplied to the main control system 20 through a stage control system 19 and this. In a stage control system 19, drive control of the reticle stage RST is carried out through a reticle stage mechanical component (illustration abbreviation) based on the positional information of a reticle stage RST according to the directions from the main control system 20.

[0064] Above Reticle R, the reticle alignment system 22 (however, the reticle alignment system by the side of the space back un-illustrating) of a pair is arranged. The reticle alignment system 22 of this pair consists of illumination light of the same wavelength as the illumination light IL, including respectively the epi-illumination system for illuminating the mark for detection, and the alignment microscope for picturizing the image of the mark for [that] detection, although illustration is omitted here. The alignment microscope contains image formation optical system and an image sensor, and the image pick-up result under an alignment microscope is supplied to the main control system 20. In this case, the deviation mirror which is not illustrated for leading the detection light from Reticle R to the reticle alignment system 22 is arranged free [migration], and if an exposure sequence is started, a deviation mirror will be evacuated out of the optical path of the illumination light IL in one with the reticle alignment system 22 by the driving gear which is not illustrated by the command from the main control system 20, respectively.

[0065] Said projection optics PL is arranged at the lower part in drawing 1 of a reticle stage RST, and let the direction of the optical axis AX be Z shaft orientations. As projection optics PL, the dioptric system which has a contraction scale factor (for example, 1/5 or 1/4) predetermined by the both-sides tele cent rucksack, for example is used. For this reason, if the lighting field of Reticle R is illuminated by the illumination light IL from an illumination-light study system, the contraction image (partial inverted image) of the circuit pattern of the reticle R in that lighting field will be formed through projection optics PL on the wafer W with which the resist (sensitization agent) was applied to the front face of the illumination light IL which passed this reticle R.

[0066] Said wafer stage WST is a lower part in drawing 1 of projection optics PL, it is arranged on the non-illustrated base and the wafer holder 25 is laid on this wafer stage WST. Wafer W is being fixed by for example, vacuum adsorption etc. on this wafer holder 25. The wafer holder 25 is constituted possible [jogging] also in the optical-axis AX direction (Z direction) of projection optics PL to the optical-axis orthotomic surface of projection optics PL by the non-illustrated mechanical component that it can incline in the direction of arbitration. Moreover, as for this wafer holder 25, minute rotation actuation of the circumference of an optical axis AX is also attained.

[0067] A wafer stage WST is constituted movable by not only migration of a scanning direction (the direction of Y) but the non-scanning direction (the direction of X) which intersects perpendicularly with a scanning direction so that two or more shot fields on Wafer W may locate in said lighting field and an exposure field [****], and performs step - and the - scan actuation which repeat the actuation which carries out scan (scan) exposure of each shot field on Wafer W, and the actuation which move to the exposure starting position of the following shot. This wafer stage WST is driven in the XY two-dimensional direction by the wafer stage mechanical component 24 containing a motor etc.

[0068] The location in XY flat surface of the wafer stage WST is always detected by the wafer laser interferometer system 18 with the resolution of about 0.5-1nm through the migration mirror 17 formed in the top face. In fact here on the wafer stage WST X migration mirror which has the reflector which intersects perpendicularly with Y migration mirror which has the reflector which intersects perpendicularly with a scanning direction (the direction of Y), and a non-scanning direction (the direction of X) is formed. Although Y interferometer with which the wafer laser interferometer 18 also irradiates an interferometer beam at right angles to Y migration mirror corresponding to this, and X interferometer which irradiates an interferometer beam at right angles to X migration mirror are formed. These are typically shown by drawing 1 as the migration mirror 17 and a wafer laser interferometer system 18. That is, with this operation gestalt, the rest frame (rectangular coordinate system) which specifies the migration location of the wafer stage WST is prescribed by the length measurement shaft of Y interferometer of the wafer laser interferometer system 18, and X interferometer. This rest frame is also called "stage system of coordinates" to below.

[0069] The positional information on the stage system of coordinates of the wafer stage WST (or rate information) is supplied to the main control system 20 through a stage control system 19 and this. According to directions of the main control system 20, the wafer stage WST is controlled by the stage control system 19 through the wafer stage mechanical component 24 based on the above-mentioned positional information (or rate information) of the wafer stage WST.

[0070] Moreover, the reference mark plate FM is being fixed near the wafer W on the wafer stage WST. The front face of this reference mark plate FM is set as the same height as the front face of Wafer W, and the reference mark for the so-called base-line measurement and the reference mark of the reference mark and others for reticle alignment are formed in this front face.

[0071] The alignment microscope AS of an off axis method is formed in the side face of projection optics PL. As this alignment microscope AS, the alignment sensor by which as (Field Image Alignment (FIA) system) is indicated by JP,2-54103,A, for example is used here. This alignment microscope AS irradiates at a wafer the illumination light (for example, white light) which has predetermined wavelength width of face, carries out image formation of a wafer and the image of the index mark on the index plate arranged in a field [****] on the light-receiving side of image sensors (CCD camera etc.) with the image of the alignment mark on a wafer, an objective lens, etc., and detects. The alignment microscope AS turns and outputs the image pick-up result of an alignment mark (and reference mark on an orientation plate FM) to the main control system 20.

[0072] The exposure optical system which is not illustrated [which supplies the image formation flux of light for forming two or more slit images towards the best image formation side of projection optics PL to an aligner 100 from the direction of slant to the optical-axis AX direction further], The multipoint focus detection system of the oblique incidence method which consists of the light-receiving optical system which is not illustrated [which receives each reflected light bundle in the front face of the wafer W of the image formation flux of light through a slit, respectively] is being fixed to the supporter

(illustration abbreviation) supporting projection optics PL. As this multipoint focus detection system, what is indicated by JP,5-190423,A, for example, and the thing of the same configuration are used, and, as for a stage control system 19, the wafer holder 25 is driven in a Z direction and the inclination direction based on the wafer positional information from this multipoint focus detection system.

[0073] The main control system 20 is constituted including a microcomputer or a workstation, and generalizes and controls each part of a configuration of equipment.

[0074] Next, it explains, meeting the flow chart of drawing 2 which shows the control algorithm by the main control system 20 with the aligner 100 of this operation gestalt constituted as mentioned above about the actuation at the time of performing exposure processing of the layer after the 2nd layer (second layer) to Wafer W, and referring to other drawings suitably.

[0075] First, Reticle R is loaded on a reticle stage RST by the non-illustrated reticle loader, and reticle alignment and base-line measurement are performed by the main control system 20. By the main control system 20, the orientation plate FM on the wafer stage WST is specifically positioned directly under projection optics PL through the wafer driving gear 24. After detecting a relative position with the 1st reference mark of the pair for reticle alignment corresponding to the reticle alignment mark of the pair on Reticle R, and the reticle alignment mark of said pair on an orientation plate FM using the reticle alignment system 22, respectively, Only the design value of the specified quantity of base lines, for example, the amount, moves in XY side on the wafer stage WST, and the 2nd reference mark for the base-line measurement on an orientation plate FM is detected using the alignment microscope AS. At this time, the amount of base lines (the projection location of a reticle pattern and relative-position relation based on [of the alignment microscope AS] detection (index core)) is measured by the main control system 20 based on the relative-position relation between the detection core of the alignment microscope AS obtained at this time, and the 2nd reference mark and the relative position of the reticle alignment mark measured previously and the 1st reference mark on an orientation plate FM, and the measurement value of the wafer interferometer 18 corresponding to each.

[0076] When such a series of dead works are completed, the flow chart of drawing 2 begins. The flow chart of this drawing 2 shows the control algorithm of the main control system 20 in the case of processing two or more wafers, for example, 25 sheets, in the same lot. Moreover, as for all the wafers in a lot, various processings shall be performed at the same conditions and the same process as a premise. Furthermore, the counted value of the counter which is not illustrated [which shows as a premise the wafer number in the lot mentioned later (m)] shall be initialized by "1" ($m < -1$).

[0077] First, in step 102, a wafer [finishing / the exposure processing on the wafer holder 25 of drawing 1] (it is called "W" for convenience) and the unexposed wafer W are exchanged using a non-illustrated wafer loader. However, when there is no wafer W' on the wafer holder 25, the unexposed wafer W is only loaded on the wafer holder 25.

[0078] At the following step 104, search alignment of the wafer W loaded on the wafer holder 25 is performed. Specifically, at least two search alignment marks (it is hereafter sketched as a "search mark") located in a periphery are mostly detected using the alignment microscope AS about a wafer W core to the symmetry. Detection of these two search marks is performed by setting the scale factor of the alignment microscope AS as a low scale factor, carrying out sequential positioning of the wafer stage WST so that each search mark may be located in the detection visual field of the alignment microscope AS. And based on the detection result (relative-position relation between the index core of the alignment microscope AS, and each search mark) of the alignment microscope AS, and the measurement value of the wafer interferometer 18 at the time of each search mark detection, the position coordinate on two stage system of coordinates of a search mark is searched for. After an appropriate time, a wafer W residual rotational error is computed from the position coordinate of two marks, and minute rotation of the wafer holder 25 is carried out so that this rotational error may be set to about 0. Thereby, the search alignment of Wafer W is completed.

[0079] At the following step 106, when counted value m of the counter mentioned above judges whether it is beyond the predetermined value n, it judges whether the wafer W on the wafer holder 25 (wafer stage WST) is a wafer after the n-th sheet in a lot. Here, the predetermined value n is beforehand set as

the integer of 25 or less arbitration or more by two. It explains to below from on [of explanation] expedient as what is $n=2$. In this case, since Wafer W is a wafer of a lot head (the 1st sheet) and it is $m=1$ by initial setting, it is denied and decision of step 106 progresses to the following step 108.

[0080] At step 108, the position coordinate on the stage system of coordinates of all the shot fields on Wafer W is measured. Specifically, the position coordinate on the stage system of coordinates of the wafer alignment mark on Wafer W (wafer mark), i.e., the position coordinate of a shot field, is searched for like measurement of the position coordinate of each search mark at the time of the search alignment mentioned above. However, detection of a wafer mark is performed by setting the scale factor of the alignment microscope AS as a high scale factor.

[0081] The statistics operation (EGA operation of a formula (2) mentioned above) using a least square method which is indicated by JP,61-44429,A etc. at the following step 110 based on the position coordinate of the shot field measured at the above-mentioned step 108 and the position coordinate on each design is performed. six parameter a-f (the rotation theta about the array of each shot field on Wafer W --) of the formula (1) mentioned above While computing correspondence in six parameters of the offset O_x and O_y of the scalings S_x and S_y of X and the direction of Y, Perpendicularity Ort and X, and the direction of Y Based on this calculation result and the position coordinate on the design of a shot field, the position coordinate (array coordinate) of all shot fields is computed, and the position coordinate of all the shot fields on that calculation result W, i.e., a wafer, is memorized to the predetermined field of an internal memory.

[0082] At the following step 112, the linearity component and nonlinear component of the amount of location gaps are separated about all the shot fields on Wafer W. While specifically computing the difference of the position coordinate of each shot field computed at the above-mentioned step 110, and the position coordinate on each design as a linearity component of the amount of location gaps, the remainder which deducted said linearity component from the difference of the position coordinate of all the shot fields actually measured at step 108 mentioned above and the position coordinate on each design is computed as a nonlinear component.

[0083] Based on the amount of location gaps which is the difference of the position coordinate (actual measurement) of all the shot fields computed during processing of the above-mentioned step 112, and the position coordinate on each design, and a predetermined performance index, the following step 114 estimates the nonlinear distortion of Wafer W, and a complement function (function expressing the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap)) is determined at it based on this evaluation result.

[0084] Hereafter, processing of this step 114 is explained in full detail with reference to drawing 3 and drawing 4 .

[0085] As a performance index for evaluating the nonlinear distortion of the above-mentioned wafer W, i.e., the regularity of a nonlinear component, and its degree, the performance index $W_1(s)$ shown, for example by the degree type (8) is used.

[0086]

[Equation 6]

$$W_1(s) = \frac{\sum_{k=1}^N \left(\frac{\sum_{i \in I} \overline{r_i} \cdot \overline{r_k}}{\sum_{i \in I} 1} \right)}{N} \dots (8)$$

[0087] The top view of the wafer W for explaining the semantic content of the performance index of an upper type (8) is shown in drawing 3 . In drawing 3 , the shot field SA as two or more partition fields (the total shots-per-hour N) is formed by matrix-like arrangement on Wafer W. The vector r_k ($k=1, 2, \dots, i, \dots, N$) shown by the arrow head in each shot field is a vector which shows the amount of location gaps of each shot field (array gap).

[0088] In an upper type (8), N shows the total of the shot field in Wafer W, and k shows the shot

number of each shot field. Moreover, s shows the radius of the circle centering on the core of the shot field SA_k which is shown in drawing 3 and to which its attention is paid, and i shows the shot number of the shot field which exists in the circle of a radius s from the k -th shot field to which its attention is paid. Moreover, sigma to which $i^{**}s$ in a formula (8) was given means taking the total about all the shot fields that exist in the circle of a radius s from the k -th shot field SA_k to which its attention is paid.

[0089] Now, the function for the interior of a parenthesis of the right-hand side of the above-mentioned formula (8) is defined like a degree type (9).

[0090]

[Equation 7]

$$f_k(s) = \frac{\sum_{i \in s} \frac{r_i \cdot r_k}{|r_i| |r_k|}}{\sum 1} \dots (9)$$

[0091] The place which the function $f_k(s)$ of an upper type (9) means is the average of the include angle $\cos\theta_{aik}$ which the location gap vector r_k (the 1st vector) of the shot field to which its attention is paid, and the location gap vector r_i in the shot field of the perimeter (inside of the circle of a radius s) accomplish. Therefore, if the value of this function $f_k(s)$ becomes one, all the location gap vectors in all the shot fields in the circle of a radius s will have turned to the same direction. If it becomes zero, it will be said that the location gap vector in all the shot fields in the circle of a radius s has turned [each other] to the completely random direction. That is, Function $f_k(s)$ is a function for searching for the correlation about the direction of the location gap vector r_k of the shot field to which its attention is paid, and each location gap vector r_i of two or more shot fields of the perimeter, and this is a performance index for evaluating the regularity and extent of nonlinear distortion about the subregion on Wafer W.

[0092] Therefore, the performance index $W1(s)$ of a formula (8) is exactly the averaging of the function f_k at the time of making at SAN a sequential change of the shot field SA_k to which its attention is paid from the shot field $SA_1(s)$.

[0093] An example of the concrete performance index $W1$ corresponding to the wafer W shown in drawing 3 (s) is shown in drawing 4. Without depending on a rule of thumb, since the value of $W1(s)$ changes according to the value of s according to the performance index $W1(s)$ so that clearly from this drawing 4, the regularity and extent of nonlinear distortion of Wafer W can be evaluated, and the complement function which expresses the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap) as follows can be determined by using this evaluation result.

[0094] First, the function by which the fourier expansion into series was carried out as shown by for example, the degree type (10) and (11), respectively is defined as a complement function.

[0095]

[Equation 8]

$$\delta_x(x, y) = \sum_{p=0}^P \sum_{q=0}^Q \left(A_{pq} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + B_{pq} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right. \\ \left. + C_{pq} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + D_{pq} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right) \quad \dots (10)$$

$$A_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_x(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$B_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_x(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$C_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_x(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$D_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_x(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}$$

[0096]

[Equation 9]

$$\delta_y(x, y) = \sum_{p=0}^P \sum_{q=0}^Q \left(A'_{pq} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + B'_{pq} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right. \\ \left. + C'_{pq} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + D'_{pq} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right) \quad \dots (11)$$

$$A'_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$B'_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$C'_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$D'_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}$$

[0097] In an upper type (10), A_{pq} , B_{pq} , C_{pq} , and D_{pq} are Fourier-series multipliers, and $\delta_x(x, y)$ shows X component (a complement value, i.e., correction value) of the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap) of the shot field of a coordinate (x y). Moreover, $\delta_x(x, y)$ is X component of the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap) of the shot field of the coordinate (x y) computed at step 112 mentioned above.

[0098] the same -- the upper -- a formula -- (-- 11 --) -- setting -- A_{pq} -- ' -- B_{pq} -- ' -- C_{pq} -- ' -- D_{pq} -- '

-- a Fourier-series multiplier -- it is -- moreover, $\delta(x, y)$ -- Y component (a complement value, i.e., correction value) of the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap) of the shot field of a coordinate (x, y) -- being shown. Moreover, $\delta(x, y)$ is Y component of the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap) of the shot field of the coordinate (x, y) computed at step 112 mentioned above. Moreover, in a formula (10) and (11), D shows the diameter of Wafer W . [0099] Maximum $p_{\max}=P$ of Parameters p and q which determines what round term per diameter of a wafer fluctuation of the amount of location gaps of a shot field (array gap) exists with the function of an upper type (10) and (11), and the decision of $q_{\max}=Q$ are important.

[0100] The reason is as follows. That is, it considers developing the nonlinear component of an array gap of the obtained shot field by the upper type (10) and (11) about all the shot fields of Wafer W now. In this case, when maximum $p_{\max}=P$ of Parameters p and q and $q_{\max}=Q$ are made into the maximum which corresponds when one period serves as a shot pitch as what fluctuation of the amount of location gaps of a shot field (array gap) has produced for every shot field, the case where the so-called large "jump shot" is contained compared with the shot field of others [fields / one of / shot / error / alignment] is considered. Such a jump shot is generated by local nonlinear distortion resulting from the foreign matter on the measurement error resulting from collapse of a wafer mark etc., or the rear face of a wafer etc. In such a case, it will contain to the measurement result of the jump shot, and a complement function will express. In order to prevent this, it is necessary to make P and Q into a value smaller than the maximum which corresponds when one period serves as a shot pitch and which was mentioned above. That is, as for the high frequency component resulting from the measurement result of a jump shot etc., it is desirable to remove and to express only the optimal low-frequency component with a complement function.

[0101] So, with this operation gestalt, we decided to determine maximum $p_{\max}=P$ of Parameters p and q , and $q_{\max}=Q$ using the performance index $W1(s)$ of a formula (8) mentioned above. If it does in this way, even if a jump shot exists, there will almost be no correlation between the jump shot and surrounding shot field. Therefore, since the measurement result of the jump shot does not become the factor which makes the value of $W1(s)$ shown by the formula (8) increase, it becomes possible to skip by using a formula (8) as a result, and to reduce or remove the effect of a shot. That is, considering considering that the field within the radius s which is $W1(s) > 0.7$ is the field which has correlation mutually, and expressing the field with one complement value, in drawing 4, such s is $s=3$ from drawing 4. P and Q can be written as follows using this value $s=3$ and the diameter D of a wafer.

[0102]

$$P=D/s=D/3, Q=D/s=D/3 \dots (12)$$

[0103] Optimal P and Q can be determined by this and, thereby, the complement function of a formula (10) and (11) can be determined.

[0104] At the following step 118, in the complement function of a formula (10) and (11) determined as mentioned above The X component $\delta x(x, y)$ of the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap) of the shot field of the coordinate (x, y) computed at step 112, and Y component $\delta y(x, y)$ by calculating by substituting, respectively It progresses to step 122, after computing X component (the complement value, i.e., correction value) of a nonlinear component and Y component (the complement value, i.e., correction value) of an array gap of all shot fields on Wafer W .

[0105] The array coordinate of all the shot fields memorized to the predetermined field in the internal memory mentioned above at step 122, It is based on the correction value of the nonlinear component of the amount of location gaps computed at the above-mentioned step 118 about each shot field. While computing the superposition amendment location where the amount of location gaps (a linearity component and nonlinear segment) was amended about each shot field The actuation to which the scan starting position for exposure of each shot field on Wafer W is made to carry out stepping of the wafer W one by one based on the data of the superposition amendment location, and the amount of base lines measured beforehand, The actuation which imprints a reticle pattern on a wafer, making a scanning direction carry out the synchronized drive of a reticle stage RST and the wafer stage WST is repeated, and exposure actuation by step - and - scanning method is performed. Thereby, the exposure processing

to the wafer W of a lot head (the 1st sheet in a lot) is completed.

[0106] At the following step 124, it judges whether exposure of all the wafers in a lot was completed by judging whether the counted value $m > 24$ of the counter mentioned above is materialized. Here, since it is $m = 1$, after being denied, and this decision progressing to step 126 and carrying out the increment ($m \leftarrow m + 1$) of the counted value m of a counter, it returns to step 102.

[0107] In step 102, the wafer of a lot head [finishing / the exposure processing on the wafer holder 25 of drawing 1] and the sheet [2nd] wafer W in a lot are exchanged using a non-illustrated wafer loader.

[0108] At the following step 104, search alignment of the wafer W (sheet [2nd] wafer in a lot in this case) loaded on the wafer holder 25 is performed like the above-mentioned.

[0109] at the following step 106, counted value m of the counter mentioned above judges whether they are $n = 2$ or more predetermined values -- the wafer W on the wafer holder 25 (wafer stage WST) -- the [in a lot] -- it judges whether it is a wafer after the $n = 2$ nd sheet. In this case, since Wafer W is a sheet [2nd] wafer in a lot and it is $m = 2$, decision of step 106 is affirmed and shifts to step 120.

[0110] At step 120, all the shot region coordinates on Wafer W are computed by the usual eight-point EGA. The wafer mark more specifically attached to eight shot fields (sample shot) to which it was beforehand chosen on Wafer W using the alignment microscope AS like the above-mentioned is measured, and the position coordinate on the stage system of coordinates of those sample shots is searched for. And the statistics operation (EGA operation of a formula (2) mentioned above) using a least square method which is indicated by JP,61-44429,A etc. based on the position coordinate of that sample shot for which it asked, and the position coordinate on each design is performed, and while computing six parameters of a formula (1) mentioned above, based on this calculation result and the position coordinate on the design of a shot field, the position coordinate (array coordinate) of all shot fields is computed. And it progresses to step 122, after memorizing the calculation result to the predetermined field of an internal memory.

[0111] At step 122, exposure processing to the sheet [2nd] wafer W in a lot is performed by step - and - scanning method like the above-mentioned. Under the present circumstances, stepping of the wafer W to the scan starting position in the case of exposure of each shot field is faced. The array coordinate of all the shot fields memorized to the predetermined field in an internal memory, Based on the correction value of the nonlinear component of the amount of location gaps previously computed at step 118 about each shot field, the superposition amendment location where the amount of location gaps (a linearity component and nonlinear component) was amended about each shot field is computed.

[0112] After exposure of the sheet [2nd] wafer W in a lot is completed as mentioned above, it judges whether it progressed to step 124 and exposure of all the wafers in a lot was completed, but processing of the above-mentioned step 102 - step 124 and a judgment are repeatedly made until the decision in here is denied, it returns to step 102 and exposure of all the wafers in a lot is completed henceforth.

[0113] And if exposure of all the wafers in a lot is completed and decision of step 124 is affirmed, a series of processings of this routine will be ended.

[0114] As explained above, according to the operation gestalt of **** 1, installation of a performance index which was mentioned above can estimate the nonlinear distortion of Wafer W based on a clear basis, without depending on a rule of thumb. And based on that evaluation result, the nonlinear component of the amount of location gaps of each partition field on Wafer W (array gap) can be computed, and it can ask for an array gap (not only a linearity component but nonlinear component) of each shot field, as a result a superposition amendment location correctly based on this calculation result and the linearity component of an array gap of the shot field for which it asked by EGA. Therefore, a reticle pattern can be laid on top of each shot field on Wafer W very with high precision by imprinting a reticle pattern to each shot field on Wafer W, making the scan starting position for exposure of each shot field on Wafer W carry out stepping of the wafer W one by one based on the superposition amendment location of each above-mentioned shot field.

[0115] Moreover, with this operation gestalt, exposure of the sheet [2nd] wafer W in a lot is faced. While amending the linearity component of an array gap of the shot field on a wafer based on the measurement result in the usual eight-point EGA, about the nonlinear component of an array gap of a

shot field It is regarded as that in which the wafer of a lot head and the sheet [2nd] wafer have the same nonlinear component, and the value calculated at the lot head is used as it is about the correction value of a nonlinear component. For this reason, compared with the case where all points EGA are performed to all the wafers in a lot, a throughput can be improved by reduction of the number of measure points.

[0116] In addition, although eight-point EGA shall be performed about the 2nd sheet or below in a lot with the above-mentioned operation gestalt, it is the number of measure points of EGA (if there are more alignment marks than the number of the unknown parameters (the above-mentioned operation gestalt six) for which it asks by the statistics operation (it usually corresponds to a sample shots per hour), it is natural.). [of a thing good without limit]

[0117] Moreover, for example, chip shot field SA1' on the wafer W shown by the imaginary line in drawing 3 - SA4' are considered, and the case where these chip shot fields are also exposed is considered. In this case, even if it is the case where the measure point of EGA is set as neither of a chip shot, of course with the operation gestalt of **** 1, the linearity component of the amount of location gaps can be amended [' / these / chip shot SA1'-SA4'] also about a nonlinear component.

[0118] In addition, with the above-mentioned operation gestalt, it is based on the nonlinear component of the shot array coordinate computed by the EGA operation on the occasion of exposure of the wafer of a lot head using the measurement result of the wafer mark of all shot fields, and the array coordinate computed based on the complement function. Although each shot field shall be positioned to a scan starting position, it is good also as positioning each shot field to a scan starting position, without performing an EGA operation based on the actual measurement of the amount of location gaps of each shot field measured not only at this but at the step 108.

[0119] Moreover, although processing from step 108 to step 118 will be repeatedly performed in the above-mentioned operation gestalt about the wafer of ** (n-1) (two or more sheets) of the beginning in a lot when n is set as three or more integers under the present circumstances, the nonlinear component (correction value) of the array gap of all shot fields about the wafer from the 2nd sheet to the n-1st sheet in step 118 -- for example, the thing to search for based on the average of the result of an operation of each time till then -- then, it is good. Of course, you may make it use the average of the nonlinear component (correction value) by which the wafer after the n-th sheet (n>=3) is also computed, respectively with at least two wafers of up to ** (n-1) **.

[0120] In addition, the performance index mentioned above is an example, it may replace with the performance index of a formula (8), and not only this but the performance index W2 (s) as shown by the following formula (13) may be used for it.

[0121]

[Equation 10]

$$W_2(s) = \frac{\sum_{k=1}^N \left(\frac{\sum_{i \in I} \overline{r_i} \cdot \overline{r_k}}{\sum_{i \in I} |\overline{r_i}|^2} \right)}{N} \dots (13)$$

[0122] According to the performance index of this formula (13), the correlation about the direction and size between the location gap vector rk (the 1st vector) of the shot field to which its attention is paid, and the location gap vector ri (the 2nd vector) in each shot field of that perimeter (inside of the circle of a radius s) can also be searched for. Usually, according to the performance index W2 (s) of this formula (13), compared with the above-mentioned operation gestalt, the regularity of nonlinear distortion of a wafer and its extent can be evaluated more correctly. However, in the performance index of this formula (13), although it is very rare that the precision of evaluation falls on the contrary according to the situation of generating of the amount of location gaps of each shot field on Wafer W although magnitude is also taken into consideration therefore, it may happen.

[0123] It is good also as evaluating the nonlinear distortion of a wafer by using the performance index W1 (s) of a formula (8), and the performance index W2 (s) of a formula (13) for coincidence, and

searching for the radius s of the range which shows correlation with both these high performance indices (close to 1 both) in consideration of such a case. Moreover, what is necessary is just to determine the complement function mentioned above using s for which carried out in this way and it asked in this case.

[0124] In addition, processing of step 114 in the operation gestalt of the above 1st may be omitted. That is, the nonlinear component of the amount of location gaps separated in step 112 may be used in step 122 as it is as a nonlinear component (correction value) of the amount of location gaps of each shot field.

[0125] Moreover, with the operation gestalt of the above 1st, when referred to as $n \geq 3$, it does not need to be good to detect the coordinate value of all shot fields by at least one of two or more wafers [up to $^{**} / 1 - (n-1)$] (substrate), either, and the at least one wafer does not need to contain a sheet [1st] wafer. Furthermore, the shot fields where a coordinate value (mark) is detected with the wafer of eye ** in the operation gestalt of the above 1st ($n-1$) may not be all shot fields. What is necessary is just to detect a coordinate value about the shot field in every other one, especially when the inclination of nonlinear distortion is expected to have gathered mostly to some extent all over a wafer. Moreover, although the coordinate value of the alignment mark of an alignment shot field (it is the shot field of the selected specification when all shot fields or two or more specific shot fields of them are chosen as a sample shot) shall be used by the EGA method According to the coordinate value on the design, Wafer W is moved for every alignment shot field. For example, the mark on Reticle R, Or the amount of location gaps with the index mark of the alignment microscope AS may be detected, and the amount of location gaps from the coordinate value on a design may be computed for every shot field by the statistics operation using this amount of location gaps, or the amount of amendments of the step pitch between shot fields may be computed. This is the same also in a weighting EGA method or the shot Uchida point EGA method mentioned later.

[0126] That is, by the EGA (weighting EGA, shot Uchida point EGA, blocking EGA, etc. are included) method, as long as it is the positional information not only about the coordinate value of an alignment shot field but an alignment shot field and is the suitable information for statistics processing, a statistics operation may be performed using what kind of information, and as long as it is the information about the location of not only the coordinate value of each shot field but each shot field, what kind of information may be computed.

[0127] Furthermore, with the operation gestalt of the above 1st, although it explained on the assumption that an EGA method, a weighting EGA method may be used instead of an EGA method, or a shot Uchida point EGA method etc. may be used. In addition, the shot Uchida point EGA method is indicated by JP,6-349705,A etc. Two or more alignment marks are detected for every alignment shot field. X, Y coordinate every, respectively Telescopic motion of the wafer which it is made to obtain and is used by the EGA method, [two or more] Besides the wafer parameter corresponding to rotation etc., the rotational error of a shot field, The positional information of each shot field, for example, a coordinate value, is computed using the model function which contains at least one of perpendicularity and the shot parameters (chip parameter) corresponding to a scaling as a parameter.

[0128] When this is explained further in full detail, this shot Uchida point EGA method Two or more alignment marks arranged by fixed relative-position relation on a design to the criteria location in each shot field arranged on the substrate, respectively (a mark of-dimensional [1]) It is the alignment mark of the predetermined number out of the alignment mark which a two-dimensional mark is formed someday, respectively and exists on these substrates. More [total / of the wafer parameter with which the sum of the number of X positional information and the number of Y positional information is contained in the above-mentioned model function, and a shot parameter] And the positional information of the alignment mark of the predetermined number from which two or more positional information is acquired in the same direction about the same alignment shot field at least is measured. And by substituting such positional information for the above-mentioned model function, and carrying out statistics processing using a least square method etc., the parameter contained in that model function is computed, and the positional information of each shot field is computed from the positional information

on the design of this parameter and the criteria location in each shot field, and the relative-position information on the design of the alignment mark to a criteria location.

[0129] Although the coordinate value of an alignment mark may be used as positional information also in this case, as long as it is the positional information about an alignment mark and is the suitable information for statistics processing, a statistics operation may be performed using what kind of information.

[0130] Moreover, when applying this invention to a weighting EGA method, a formula (4) or the weight parameter S of (6) is determined using the above-mentioned performance index. Specifically, it searches for like step 108 of drawing 2 mentioned above by measuring the position coordinate of all the shot fields on a sheet [in a lot / 1st] wafer, for example, calculating the difference of this measurement result and the design value of each shot field, the amount of location gaps, i.e., the location gap vector, of each shot field. Subsequently, based on this location gap vector and performance index $W1(s)$ of a formula (8), the nonlinear distortion of Wafer W is evaluated, for example, it considers that the field within the radius s which is $W1(s) > 0.8$ is the field which has correlation mutually, and asks for such s . And it can determine, without depending a formula (4) or the weight parameter S in (6) as a result weighting Win , or Win' on a rule of thumb by multiplying by the multiplier remaining as it is or fixed, for example, assigning the value of this s to B of a formula (7).

[0131] Thus, the weighting EGA method which determines weighting Win or Win' as a weight parameter S list is adopted, for example, the two following processing sequences can be considered as a processing sequence of the wafer of one lot, for example.

[0132] (The 1st sequence) For example, after processing steps 108 and 110 of drawing 2 to the wafer of a lot head, following a. - d. are processed one by one.

[0133] a. Compute the amount of location gaps of all shot fields. b. The weight parameter S is determined as mentioned above using the amount of location gaps, and the above-mentioned performance index. c. Compute the array coordinate of all shot fields with a weighting EGA method using the weight parameter S . d. Create the map (complement map of a nonlinear component) of the nonlinear component (correction value) of an array gap of all shot fields based on the difference of the array coordinate (weighting EGA result) searched for by above-mentioned c., and the array coordinate (EGA result) searched for at step 110.

[0134] And the exposure to the wafer of a lot head is faced. Based on the complement map of the above-mentioned nonlinear component, and the array coordinate searched for at step 110, the superposition amendment location of each shot field is computed. Exposure of step - and - scanning method is performed making the scan starting position for exposure of each shot field on Wafer W carry out stepping of the wafer W one by one based on the data of the superposition amendment location, and the amount of base lines measured beforehand. About the wafer after the 2nd sheet, step 120 is processed, the superposition amendment location of each shot field is computed based on the result of the usual eight-point EGA of this step 120, and the complement map of the above-mentioned nonlinear component, and exposure of step - and - scanning method is performed like the above using the data of that superposition amendment location.

[0135] According to this 1st sequence, effectiveness equivalent to the 1st operation gestalt mentioned above can be acquired.

[0136] (The 2nd sequence) For example, after performing position-coordinate measurement of all shot fields like step 108 of drawing 2 to the wafer of a lot head, the amount of location gaps which is the difference of the measurement result and array coordinate on a design is computed about all shot fields. Next, the weight parameter S is determined as mentioned above using the amount of location gaps, and the above-mentioned performance index. Next, the array coordinate of all shot fields is computed with a weighting EGA method using the weight parameter S . And exposure of step - and - scanning method is performed, making into a superposition amendment location the array coordinate of all the shot fields computed by the above-mentioned weighting EGA method on the occasion of the exposure to the wafer of a lot head, and making the scan starting position for exposure of each shot field on Wafer W carry out stepping of the wafer W one by one based on the data of the superposition amendment location, and the

amount of base lines measured beforehand.

[0137] On the occasion of the alignment of the wafer after the 2nd sheet, based on the weight parameter S determined on the occasion of the alignment of the wafer of a lot head, it opts for the number of sample shots, and arrangement, and the array coordinate of each shot field is computed with a weighting EGA method with measurement of the position coordinate of the alignment mark of the determined sample shot based on the measurement result. Of course, it cannot be overemphasized that weighting according to the weight parameter S determined on the occasion of the alignment of the wafer of a lot head on this occasion is performed. And exposure of step - and - scanning method is performed for the computed array coordinate to the wafer after the 2nd sheet as a superposition amendment location.

[0138] Namely, this 2nd sequence evaluates the nonlinear distortion of the wafer of a lot head on the occasion of the alignment of the conventional weighting EGA method, using the performance index mentioned above, and it determines it, without depending for the weight parameter S on a rule of thumb about the 2nd sheet or subsequent ones as well as the wafer of a lot head based on that evaluation result. Since according to this 2nd sequence suitable weighting can be performed while being able to determine the arrangement and the number of suitable sample shots according to extent of nonlinear distortion of a wafer, and magnitude, in spite of adopting the conventional weighting EGA method, it becomes possible to realize highly precise superposition exposure by setup of a necessary minimum sample shot.

[0139] << -- 2nd operation gestalt>> -- next, the 2nd operation gestalt of this invention is explained based on drawing 5. This 2nd operation gestalt of an equipment configuration etc. is the same as the 1st operation gestalt mentioned above, and since it is only that the control algorithms of the main control system 20 differ, it explains this difference as a core below.

[0140] The flow chart which shows the control algorithm by the main control system 20 with the aligner of the operation gestalt of **** 2 in case exposure processing of the layer after the 2nd layer (second layer) is performed to Wafer W is shown in drawing 5.

[0141] In the same procedure as the 1st operation gestalt mentioned above, when a series of dead works, such as a reticle load, reticle alignment, and base-line measurement, are completed, the flow chart of drawing 5 begins. The flow chart of this drawing 5 shows the control algorithm of the main control system 20 in the case of processing two or more wafers, for example, 25 sheets, in the same lot. Moreover, as for all the wafers in a lot, various processings shall be performed at the same conditions and the same process as a premise. Furthermore, the counted value of the counter which is not illustrated [which shows as a premise the wafer number in the lot mentioned later (m)] shall be initialized by "1" ($m < 1$).

[0142] first, in step 202, a wafer [finishing / the exposure processing on the wafer holder 25 of drawing 1] (it is called "W" for convenience) and the unexposed wafer W are exchanged using a non-illustrated wafer loader (or the case where there is no wafer W' on the wafer holder 25 -- the unexposed wafer W -- the wafer holder 25 top -- only -- loading).

[0143] At the following step 204, the same procedure as the 1st operation gestalt mentioned above performs search alignment of the wafer W loaded on the wafer holder 25.

[0144] At the following step 206, when counted value m of the counter mentioned above judges whether it is beyond the predetermined value n, it judges whether the wafer W on the wafer holder 25 (wafer stage WST) is a wafer of n-th ** henceforth in a lot. Here, the predetermined value n is beforehand set as the integer of 25 or less arbitration or more by two. It explains to below from on [of explanation] expedient as what is $n = 2$. In this case, since Wafer W is a wafer of a lot head (the 1st sheet) and it is $m = 1$ by initial setting, it is denied and decision of step 206 progresses to the following step 208.

[0145] At step 208, the position coordinate on the stage system of coordinates of all the shot fields on Wafer W is measured like step 108 mentioned above.

[0146] At the following step 210, the amount of location gaps (the amount of location gaps from a design value) is computed about all the shot fields on Wafer W based on the measurement result of the above-mentioned step 208, respectively.

[0147] Using the location gap and performance index for every shot field which were computed at the above-mentioned step 210, the following step 212 estimates the nonlinear distortion of Wafer W, and

the shot field on Wafer W is blocked to two or more blocks at it based on the evaluation result. The performance index W1 (s) of a formula (8) specifically mentioned above based on the amount of location gaps for every shot field computed at step 210 and the performance index W2 (s) of a formula (13) are searched for, respectively, and the value of a radius s from which each performance index is set [both] to 0.9-1, for example is calculated. Based on this radius s, the range of the shot field which adjoins mutual [which shows an inclination which the amount of location gaps (nonlinear distortion) resembled mostly] is computed. Based on this calculation result, two or more shot fields on Wafer W are blocked. The information on the shot field for every block is matched with the measurement value of the amount of location gaps in the typical shot field within each block, for example, one shot field of the arbitration belonging to each block, respectively, and it memorizes to the predetermined field in an internal memory.

[0148] And at the following step 216, superposition exposure is performed based on the amount of location gaps of the representation shot field within each block. Specifically, the superposition amendment location of each shot field on Wafer W is first computed based on the position coordinate (array coordinate) of the shot field on a design, and the location gap data in the representation shot field within the block with which each shot field belongs. Namely, about the shot field belonging to each block, the superposition amendment location of each shot field on Wafer W is computed by the location gap data amending the position coordinate on the design of each shot field within a block, respectively, using the location gap data in the representation shot field in common. And the actuation which imprints a reticle pattern on a wafer, making a scanning direction carry out the synchronized drive of the actuation to which the scan starting position for exposure of each shot field on Wafer W is made to carry out stepping of the wafer W one by one, and a reticle stage RST and the wafer stage WST based on the data of the superposition amendment location and the amount of base lines measured beforehand is repeated, and exposure actuation by step - and - scanning method is performed. Thereby, the exposure processing to the wafer W of a lot head (the 1st sheet in a lot) is completed.

[0149] At the following step 218, it judges whether exposure of all the wafers in a lot was completed by judging whether the counted value $m > 24$ of the counter mentioned above is materialized. Here, since it is $m = 1$, after being denied, and this decision progressing to step 220 and carrying out the increment ($m \leftarrow m + 1$) of the counted value m of a counter, it returns to step 202.

[0150] In step 202, the wafer of a lot head [finishing / the exposure processing on the wafer holder 25 of drawing 1] and the sheet [2nd] wafer W in a lot are exchanged using a non-illustrated wafer loader.

[0151] At the following step 204, search alignment of the wafer W (sheet [2nd] wafer in a lot in this case) loaded on the wafer holder 25 is performed like the above-mentioned.

[0152] at the following step 206, counted value m of the counter mentioned above judges whether they are $n = 2$ or more predetermined values -- the wafer W on the wafer holder 25 (wafer stage WST) -- the [in a lot] -- it judges whether it is a wafer after the $n = 2$ nd sheet. In this case, since Wafer W is a sheet [2nd] wafer in a lot and it is $m = 2$, decision of step 206 is affirmed and shifts to step 214.

[0153] At step 214, a location gap of the representation shot field within each block is measured. Based on the information on blocking memorized to the predetermined field in an internal memory, one shot field of arbitration is chosen from from as a representation shot field among the shot fields belonging to each block, respectively, and, specifically, the position coordinate in the stage system of coordinates of the wafer mark of the representation shot field for each [these] the block of every is detected. And based on that detection result, the amount of location gaps from the position coordinate on the design of the wafer mark of the representation shot field for every block is computed, and it progresses to step 216, after updating the measurement value of the amount of location gaps which matches with the information on each block using this calculation result, and is memorized to the predetermined field in an internal memory.

[0154] In addition, in this step 214, even if the number of the representation shot fields chosen from from among the shot fields belonging to each block is not necessarily one, they may be two or more shot fields of a number smaller than the total of the shot field belonging to each block of arbitration. When choosing two or more shot fields as a representation shot field, it is good also as updating the

measurement value of the amount of location gaps which computes the amount of location gaps from the position coordinate on the design of the wafer mark of each shot field like ****, respectively, matches with the information on each block using the average value of those calculation results, and is memorized to the predetermined field in an internal memory.

[0155] At step 216, exposure processing to the sheet [2nd] wafer W in a lot is performed by step - and - scanning method like the above-mentioned. And after exposure of the sheet [2nd] wafer W in a lot is completed, it judges whether it progressed to step 218 and exposure of all the wafers in a lot was completed, but processing of the above-mentioned step 202 - step 218 and a judgment are repeatedly made until the decision in here is denied, it returns to step 202 and exposure of all the wafers in a lot is completed henceforth.

[0156] And if exposure of all the wafers in a lot is completed and decision of step 218 is affirmed, a series of processings of this routine will be ended.

[0157] According to the operation gestalt of **** 2 explained above, installation of a performance index can estimate the nonlinear distortion of Wafer W like the 1st operation gestalt mentioned above based on a clear basis, without depending on a rule of thumb. Based on the evaluation result, each shot field on Wafer W is blocked for every shot field in which distortion of the same inclination exists. A block for every block and as one unit Since wafer alignment (it is hereafter called the "Brock Bayh Brock" method for convenience) of the conventional die Bayh die method and the same method is performed, it can ask for an array gap of each shot field almost correctly not only including a linearity component but including a nonlinear component. Therefore, a reticle pattern can be laid on top of each shot field on Wafer W very with high precision by imprinting a reticle pattern to each shot field on Wafer W, making the scan starting position for exposure of each shot field on Wafer W carry out stepping of the wafer W one by one based on an array gap of each above-mentioned shot field.

[0158] Moreover, with this operation gestalt, it is only measuring the amount of location gaps about the representation shot field for every Brock as what distortion of the inclination for the wafer of a lot head and the wafer after the 2nd sheet to be the same produces on the occasion of exposure of the wafer W after the 2nd sheet in a lot, using the same Brock division as it is. For this reason, compared with the case where location measurement of all shot fields is performed, a throughput can be improved by reduction of the number of measure points about all the wafers in a lot.

[0159] In addition, exposure of the wafer of a lot head is faced with the operation gestalt of the above 2nd. It is based on the position coordinate (array coordinate) of the shot field on a design, and the location gap data in the representation shot field in Brock to whom each shot field belongs. Although the superposition amendment location of each shot field on Wafer W shall be computed and each shot field shall be positioned to a scan starting position based on a calculation result It is good also as positioning each shot field to a scan starting position based on the calculation value of the amount of location gaps of each shot field computed at step 210, without performing not only this but the above operations.

[0160] Moreover, although processing from step 208 to step 212 will be repeatedly performed in the operation gestalt of the above 2nd about the wafer of ** (n-1) (two or more sheets) of the beginning in a lot when n is set as three or more integers Under the present circumstances, what is necessary is just to suppose that the evaluation result of each time till then is synthetically taken into consideration, for example, and blocking of a shot field is determined at step 212 about the wafer of up to [from the 2nd sheet] ** (n-1) **. Moreover, it is also good for the wafer of up to ** (n-1) ** not to determine blocking of a shot field, respectively, and to determine blocking only by at least one sheet.

[0161] In addition, although an alignment mark is detected for every shot field and the coordinate value was calculated with the above 1st and the 2nd operation gestalt in order to evaluate the nonlinear distortion of Wafer W Where a wafer is positioned not only to this but to the coordinate value which applied the amount of base lines to the coordinate value on the design for every shot field, the alignment microscope AS detects an alignment mark, and the amount of location gaps with an index mark is detected. You may make it evaluate nonlinear distortion mentioned above using this amount of location gaps. Furthermore, the reticle alignment system 22 is used instead of the alignment microscope AS, the amount of location gaps of that alignment mark and mark of Reticle R is detected for every shot field,

and you may make it evaluate nonlinear distortion mentioned above using this amount of location gaps. Namely, on the occasion of evaluation of nonlinear distortion, it is not necessary to necessarily calculate the coordinate value of a mark, and if it is the positional information about the shot field corresponding to an alignment mark or this, no matter it may be what information, nonlinear distortion mentioned above using this can be evaluated.

[0162] In addition, based on the radius s acquired by the evaluation result using the above-mentioned performance index, the number of EGA measure points in an EGA method, a weighting EGA method, or a shot Uchida point EGA method can also be determined appropriately.

[0163] In addition, although each above-mentioned operation gestalt explained the case where the FIA system (image formation-type alignment microscope) of an off axis method was used, as a mark detection system, the mark detection system of not only this but what kind of method may be used. Namely, the method which detects the diffracted light except the image formation method (image-processing method) with which a detection method is further adopted by a FIA system etc., or the scattered light even if it is which method of a TTR (Through The Reticle) method, a TTL (Through The Lens) method, and an off axis method (it does not matter even if it is a LSA (Laser Step Alignment) system, a LIA (Laser interferometric Alignment) system, etc.)

[0164] Furthermore, the location detection approach concerning this invention may be realized by any of software and hardware in an aligner. Moreover, of course, this invention can completely apply similarly the aligner of various methods including the aligners (X-ray aligner etc.) of not only the aligner of step - like each above-mentioned operation gestalt, and - scanning method but a step-and-repeat method or a pro squeak tea method to repair equipments other than an aligner, a wafer prober, etc.

[0165] In addition, the illumination light for exposure (energy beam) used with an aligner may not be restricted to ultraviolet radiation, and charged-particle lines, such as an X-ray (EUV light is included), an electron ray, and an ion beam, etc. are sufficient as it. Moreover, the aligner used for manufacture, such as a DNA chip, a mask, or a reticle, may be used.

[0166] <<device manufacture approach>> Next, the operation gestalt of the manufacture approach of the device which used the aligner concerning each operation gestalt mentioned above and its exposure approach at the lithography process is explained.

[0167] The flow chart of the example of manufacture of devices (semiconductor chips, such as IC and LSI, a liquid crystal panel, CCD, the thin film magnetic head, micro machine, etc.) is shown in drawing 6. As shown in drawing 6, first, in step 301 (design step), the function and engine-performance designs of a device (for example, circuit design of a semiconductor device etc.) are performed, and the pattern design for realizing the function is performed. Then, the mask in which the designed circuit pattern was formed is manufactured in step 302 (mask manufacture step). On the other hand, in step 303 (wafer manufacture step), a wafer is manufactured using ingredients, such as silicon.

[0168] Next, in step 304 (wafer processing step), an actual circuit etc. is formed on a wafer with a lithography technique etc. so that the mask and wafer which were prepared at step 301 - step 303 may be used and mentioned later. Subsequently, in step 305 (device assembly step), device assembly is performed using the wafer processed at step 304. A dicing process, a bonding process, and processes, such as a packaging process (chip enclosure), are included in this step 305 if needed.

[0169] Finally, in step 306 (inspection step), the check test of the device produced at step 305 of operation, an endurance test, etc. are inspected. After passing through such a process, a device is completed, and this is shipped.

[0170] The detailed example of a flow of the above-mentioned step 304 in the case of a semiconductor device is shown in drawing 7. In drawing 7, the front face of a wafer is oxidized in step 311 (oxidation step). An insulator layer is formed in a wafer front face in step 312 (CVD step). In step 313 (electrode formation step), an electrode is formed by vacuum evaporation on a wafer. Ion is driven into a wafer in step 314 (ion implantation step). the above step 311 - step 314 -- each constitutes the head end process of each phase of wafer processing, and is chosen and performed according to required processing in each phase.

[0171] In each phase of a wafer process, after an above-mentioned head end process is completed, as it

is the following, a tail end process is performed. By down stream processing, a sensitization agent is first applied to a wafer in step 315 (resist formation step) after this. Then, in step 316 (exposure step), the circuit pattern of a mask is imprinted to a wafer by the aligner and the exposure approach which were explained in the top. Next, the wafer exposed in step 317 (development step) is developed, and the exposed member of parts other than the part into which the resist remains is removed by etching in step 318 (etching step). And the resist which etching ended and became unnecessary is removed in step 319 (resist removal step).

[0172] By carrying out by repeating the head end process and tail end process of these, a circuit pattern is formed on a wafer multiplex.

[0173] In an exposure process (step 316), if the device manufacture approach of this operation gestalt explained above is used, since the aligner and its exposure approach of the above-mentioned operation gestalt are used on the occasion of exposure processing of the wafer for every lot, the superposition precision of a reticle pattern and the shot field on a wafer will be maintained with high precision, and exposure will be performed by the high throughput. Consequently, it can become possible to imprint a more detailed circuit pattern with a sufficient superposition precision on a wafer, and improvement in a throughput and an interval can raise the productivity (the yield is included) of the micro device of a high degree of integration. When using the vacuum-ultraviolet light sources, such as F2 laser light source, for the light source especially, even if minimum line width is that [about 0.1-micrometer], improvement in the productivity is possible for improvement in the resolution of projection optics, and an interval.

[0174]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the evaluation approach concerning this invention, the nonlinear distortion of a substrate is not depended on a rule of thumb, but it is effective in the ability to evaluate appropriately.

[0175] Moreover, according to the location detection approach concerning this invention, in processing two or more substrates, it is not based on a rule of thumb, but is effective in the location of two or more partition fields on a substrate being detectable with a sufficient precision by the high throughput.

[0176] Moreover, the outstanding effectiveness that both exposure precision and a throughput can be raised in carrying out exposure processing of two or more substrates according to the exposure approach concerning this invention is **.

[0177] Moreover, according to the device manufacture approach concerning this invention, it is effective in the ability to raise the productivity of a micro device.

[Translation done.]

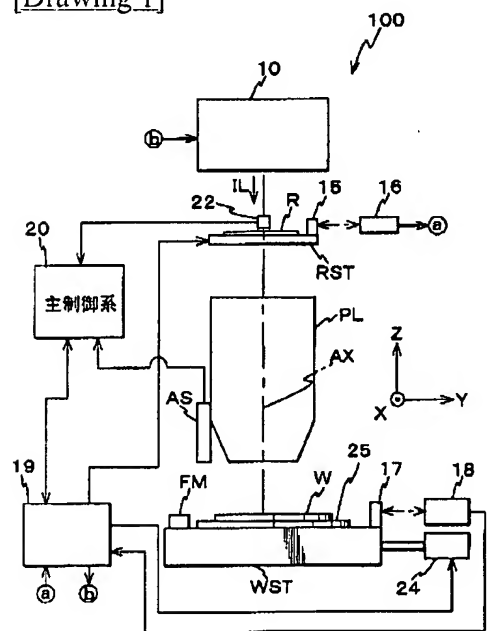
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

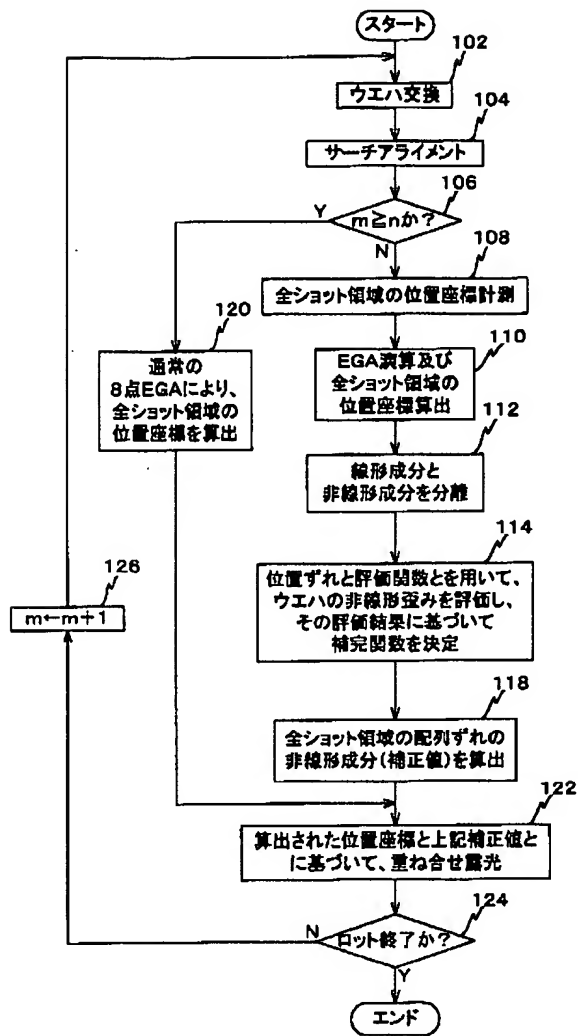
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

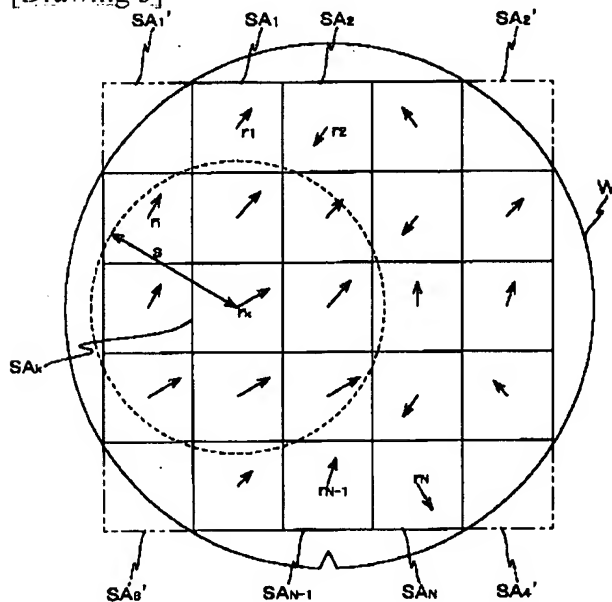
[Drawing 1]



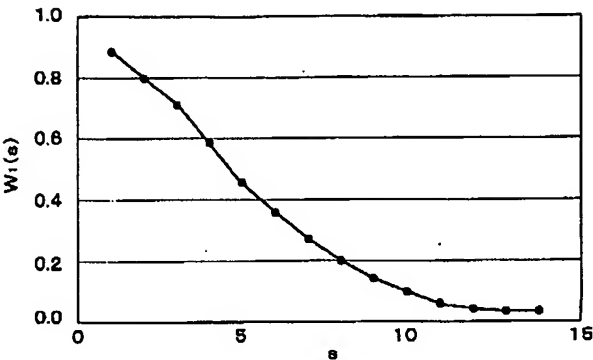
[Drawing 2]



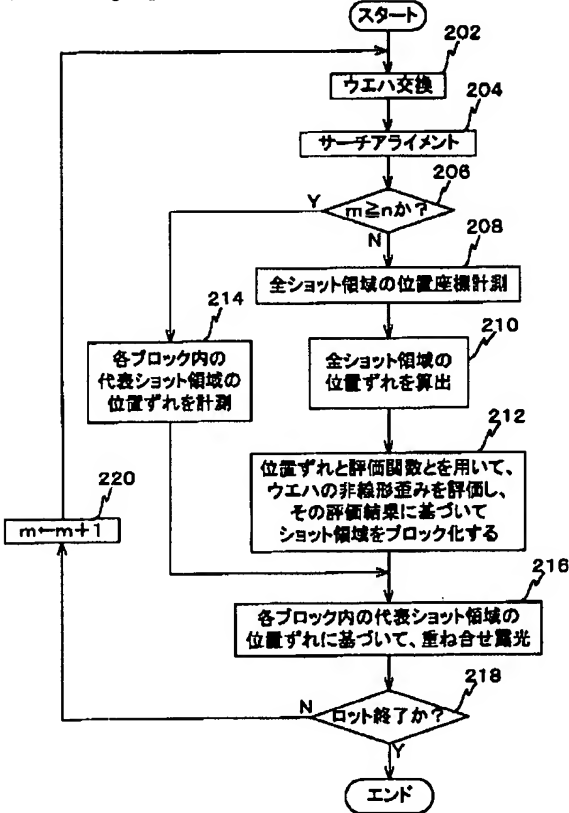
[Drawing 3]



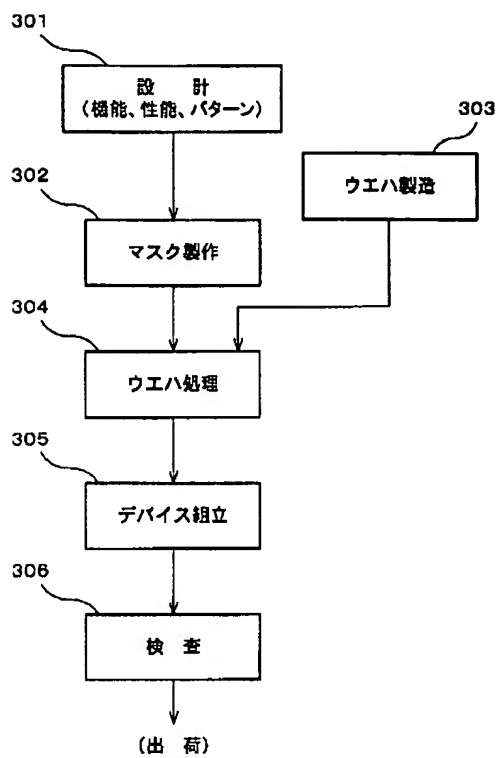
[Drawing 4]



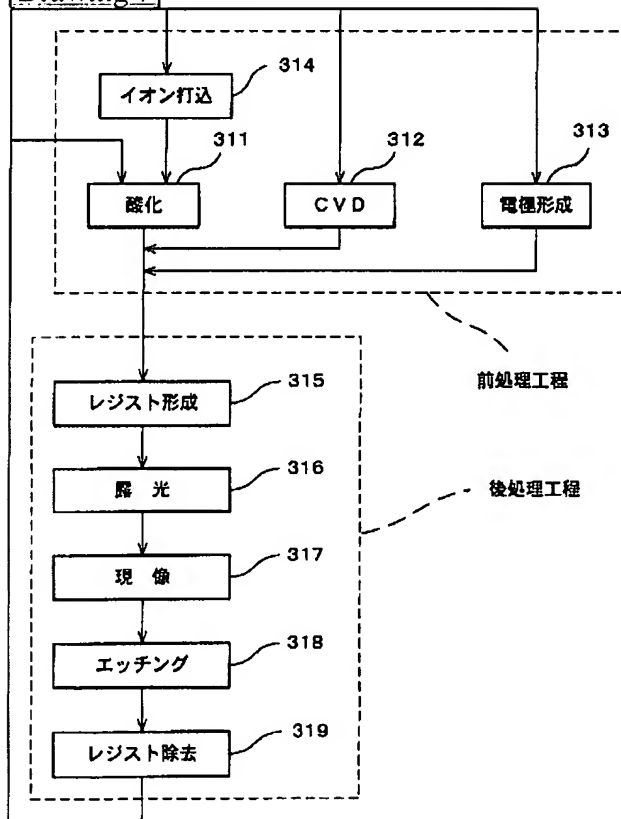
[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Translation done.]

(2)

特開2001-345243

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の非線形歪みの規則性や程度を評価する評価方法であって、
基板上の複数の区画領域の各々について、各区画領域に対応して設けられるマークを検出して所定の基準位置との位置ずれ量を求める工程と；前記基板上の着目する区画領域の前記位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの前記位置ずれ量を示す各第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める評価関数を用いて、前記基板の非線形歪みの規則性や程度を評価する工程と；を含む評価方法。

【請求項2】 前記評価関数は、前記第1ベクトルと前記各第2ベクトルとの間の方向及び大きさについての相関を求めるための関数であることを特徴とする請求項1に記載の評価方法。

【請求項3】 前記評価関数を用いて、前記各区画領域を所定点に位置合わせするのに用いる位置情報の補正値を決定する工程を更に含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の評価方法。

【請求項4】 前記評価関数は、前記基板上の着目する区画領域を前記基板上のN個（Nは自然数）の区画領域のそれぞれに順次変更して得られる前記第1ベクトルとその周囲の複数のショット領域の各第2ベクトルとの少なくとも方向に関する相関を求めるためのN個の第1関数の相加平均に相当する第2関数であることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の評価方法。

【請求項5】 基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法において、
前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により前記位置情報を算出するとともに、前記基板上の着目する区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの前記基準位置との位置ずれ量を示す各第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める関数を用いて、前記位置情報の補正値及び該補正値を決定する補正パラメータの少なくとも一方を決定することを特徴とする位置検出方法。

【請求項6】 前記統計演算によって前記各区画領域の位置誤差の線形成分が補正されて前記位置情報が算出され、前記関数によって前記位置誤差の非線形成分が補正されるように前記補正値が決定されることを特徴とする請求項5に記載の位置検出方法。

【請求項7】 前記実測位置情報は、前記区画領域の設計位置情報に基づく前記所定点との位置偏差に対応し、前記複数の区画領域のうち少なくとも3つの特定区画領域でそれぞれ得られる前記実測位置情報を用いて統計演算を行い、前記位置情報を導出する変換式のパラメータを算出することを特徴とする請求項5又は6に記載の位置検出方法。

【請求項8】 前記特定区画領域毎に前記実測位置情報に重みを与えて前記パラメータを算出するとともに、前記関数を用いて前記重みを決定することを特徴とする請求項7に記載の位置検出方法。

【請求項9】 前記実測位置情報は、前記基板の移動位置を規定する静止座標系上における前記マークの座標値であり、前記位置情報は、前記各区画領域の前記静止座標系上における座標値であることを特徴とする請求項5又は6に記載の位置検出方法。

【請求項10】 前記位置情報の補正値は、前記関数を用いて最適化された補完関数に基づいて決定されることを特徴とする請求項5～9のいずれか一項に記載の位置検出方法。

【請求項11】 基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法において、
複数の基板でそれぞれ前記区画領域の位置情報を検出するために、前記複数の基板のうち第2枚目以降の第n枚目の基板については、該第n枚目の基板上の複数のマークを検出して得られる、少なくとも3つの特定区画領域でのその設計位置情報に基づく前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を用いて統計演算により算出した前記各区画領域の位置情報の線形成分と、前記第n枚目より前の少なくとも1枚の基板での前記各区画領域の位置情報の非線形成分とを用いることを特徴とする位置検出方法。

【請求項12】 前記各区画領域についての前記位置情報の非線形成分は、前記第n枚目より前の少なくとも1枚の基板についての前記各区画領域の位置情報の計測結果を所定の評価関数を用いて評価した評価結果から得られる前記基板の非線形歪みの規則性や程度を示す指標に基づいて最適化された単一の補完関数と、前記第n枚目より前の少なくとも1枚の基板について求められた前記各区画領域の位置情報の非線形成分とに基づいて求められることを特徴とする請求項11に記載の位置検出方法。

【請求項13】 前記補完関数は、フーリエ級数展開された関数であり、前記評価結果に基づいて前記フーリエ級数展開の最高次数が最適化されることを特徴とする請求項12に記載の位置検出方法。

【請求項14】 前記各区画領域についての前記位置情報の非線形成分は、前記第n枚目より前の少なくとも1枚の基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報に重み付けをし、該重み付け後の情報を用いて統計演算を行って算出した前記各区画領域の位置情報と、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算を行って算出した前記各区画領域の位置情報との差に基づいて求められることを特徴とする請求項11に記載の位置検出方法。

【請求項15】 基板上の複数の区画領域でそれぞれ所

(3)

特開2001-345243

3

4

定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法において、

複数枚の基板でそれぞれ前記各区画領域の位置情報を検出するために、前記複数枚の基板のうち第2枚目以降の第n枚目の基板については、前記第n枚目より前の少なくとも1枚の基板についての前記各区画領域の前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を所定の評価関数を用いて評価した評価結果から得られる前記基板の非線形歪みの規則性や程度を示す指標に基づいて前記複数枚の区画領域を、予めブロック化し、

前記ブロック毎に各ブロックに属する全ての区画領域の数である第1の数よりも小さい第2の数の区画領域についての前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を用いて対応するブロックに属する全ての区画領域の前記位置情報を決定することを特徴とする位置検出方法。

【請求項16】 基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法において、

前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報に重み付けをし、該重み付け後の情報を用いて統計演算により前記位置情報を算出するとともに、前記基板上の着目する区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの前記基準位置との位置ずれ量を示す各第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める関数を用いて、前記重み付けのための重みパラメータを決定することを特徴とする位置検出方法。

【請求項17】 基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法において、

複数枚の基板を露光処理するに当たり、前記複数枚の基板の内の第2枚目以降の第n枚目の基板については、請求項5～16のいずれか一項に記載の位置検出方法を用いて、各区画領域の位置情報を検出し、該検出結果に基づいて前記各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、当該各区画領域を露光することを特徴とする露光方法。

【請求項18】 リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項17に記載の露光方法を用いて露光を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、評価方法、位置検出方法、露光方法及びデバイス製造方法に係り、更に詳しくは、基板の非線形歪みの規則性や程度を評価する評価方法、該評価方法を利用して基板上に配列された複数の区画領域の位置を検出する位置検出方法、該位置検出方法を用いる露光方法、及び該露光方法を用いるデバイ

ス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体素子等のデバイスの製造工程では、ステップ・アンド・リピート方式、又はステップ・アンド・スキャン方式等の露光装置、ウエハプロバ、あるいはレーザーリペア装置等が用いられる。これらの装置では、基板上に規則的（マトリックス状）に配列された複数のチップパターン領域（ショット領域）の各々を、基板の移動位置を規定する静止座標系（すなわちレーザー干渉計によって規定される直交座標系）内の所定の基準点（例えば、各装置の加工処理点）に対して極めて精密に位置合わせ（アライメント）する必要がある。

【0003】特に、露光装置では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンの投影位置に対して基板（半導体ウエハやガラスプレート等）を位置合わせ（アライメント）するに際して、製造段階のチップでの不良品の発生による歩留りの低下を防止するため、その位置合わせ精度を常に高精度かつ安定に維持しておくことが望まれている。

【0004】通常、露光工程では、ウエハ上に10層以上の回路パターン（レチクルパターン）を重ね合わせて転写するが、各層間での重ね合わせ精度が悪いと、回路上の特性に不都合が生じることがある。このような場合、チップが所期の特性を満足せず、最悪の場合にはそのチップが不良品となり、歩留りを低下させてしまう。そこで、露光工程では、ウエハ上の複数のショット領域の各々に予めアライメントマークを付設しておき、ステージ座標系におけるそのマーク位置（座標値）を検出する。しかる後、このマーク位置情報と既知のレチクルパターンの位置情報（これは事前測定される）とに基づいてウエハ上の1つのショット領域をレチクルパターンに対して位置合わせ（位置決め）するウエハアライメントが行われる。

【0005】ウエハアライメントには大別して2つの方式があり、1つはウエハ上のショット領域毎にそのアライメントマークを検出して位置合わせを行うダイ・バイ・ダイ（D/D）アライメント方式である。もう1つは、ウエハ上のいくつかのショット領域のみのアライメントマークを検出してショット配列の規則性を求めることで、各ショット領域を位置合わせするグローバル・アライメント方式である。現在のところ、デバイス製造ラインではスルーボットとの兼ね合いから、主にグローバル・アライメント方式が使用されている。特に現在では、例えば特開昭61-44429号公報、特開昭62-84516号公報などに開示されるように、ウエハ上のショット配列の規則性を統計的手法によって精密に特定するエンハンスド・グローバル・アライメント（EGA）方式が主流となっている。

【0006】EGA方式とは、1枚のウエハにおいて予

(4)

特開2001-345243

5

6

め特定ショット領域として選択された複数個（3個以上必要であり、通常7～15個程度）のショット領域のみの位置座標を計測し、これらの計測値から統計演算処理（最小二乗法等）を用いてウエハ上の全てのショット領域の位置座標（ショット配列）を算出した後、この算出したショット配列に従ってウエハステージをステップングさせていくものである。このEGA方式は計測時間が短くて済み、ランダムな計測誤差に対して平均化効果も期待できるという長所がある。

【0007】ここで、EGA方式で行われている統計処理方法について簡単に説明する。ウエハ上の m （ $m \geq 3$ なる整数）個の特定ショット領域（サンプルショット）の設計上の配列座標を (X_n, Y_n) （ $n=1, 2, \dots, m$ ）とし、設計上の配列座標からのずれ $(\Delta X_n, \Delta Y_n)$ について次式（1）で示されるような線形モデルを仮定する。

【0008】

【数1】

$$\begin{pmatrix} \Delta X_n \\ \Delta Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_n \\ Y_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix} \quad \dots (1)$$

【0009】さらに、 m 個のサンプルショットの各々の実際の配列座標の設計上の配列座標からのずれ（計測値）を $(\Delta X_n, \Delta Y_n)$ としたとき、このモデルを当てはめたときの残差の二乗和 E は次式（2）で表される。

【0010】

【数2】

$$E = \sum \{ (\Delta X_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta Y_n - \Delta Y_n)^2 \} \quad \dots (2)$$

【0011】そこで、この式を最小にするようなパラメータ a, b, c, d, e, f を求めれば良い。EGA方式では、上記の如くして算出されたパラメータ $a \sim f$ と設計上の配列座標とに基づいて、ウエハ上の全てのショット領域の配列座標が算出されることになる。以上のように、EGA方式ではウエハ上のショット配列誤差が線形であるものとして扱っている、換言すればEGA演算は線形な1次近似である。従って、EGA方式を用いて補正できる成分は、ウエハの伸縮、回転等の線形成分のみである。

【0012】しかし、露光装置間の重ね合せ、又は同一露光装置においても表面処理などのプロセス工程を経た各層間における重ね合せでは、ウエハの歪みに非線形的な成分が生じることがある。その原因としては、前者の場合、露光装置間におけるウエハの移動位置を規定するステージ座標系相互間の誤差などがあり、後者の場合、プロセス工程がショット配列に歪みを与えることなどがある。

【0013】このようにして生じたウエハ上の局所的な配列誤差変動、すなわち非線形な歪み成分には、EGA方式により対応することは困難である。

【0014】現状では、このような状況に対し、例えば特開平5-304077号公報などに詳細に開示されるいわゆる重み付けEGA方式のウエハアライメントにより対応することがなされている。ここで、この重み付けEGA方式について簡単に説明する。

【0015】すなわち、この重み付けEGA方式では、ウエハ上の複数のショット領域（区画領域）のうち、予め選択された少なくとも3つのサンプルショットの静止座標系における位置座標を計測する。次いで、ウエハ上のショット領域毎に、当該ショット領域（その中心点）とサンプルショット（その中心点）の各々との間の距離に応じて、あるいはショット領域とウエハ上で予め規定された所定の若目点との間の距離（第1情報）と、当該若目点とサンプルショットの各々との間の距離（第2情報）とに応じて、サンプルショットの静止座標系における位置座標の各々に重み付けを行い、かつこの重み付けされた複数の位置座標を用いて統計演算（最小二乗法、又は単純なる平均化処理等）を行うことにより、ウエハ上の複数のショット領域の各々の静止座標系における位置座標を決定する。そして、決定された位置座標に基づいて、ウエハ上に配列された複数のショット領域の各々を、静止座標系内の所定の基準位置（例えば、レチクルパターンの転写位置）に対して位置合わせする。

【0016】このような重み付けEGA方式によると、局所的な配列誤差（非線形な歪み）が存在するウエハであっても、サンプルショット数が比較的少なく済み、かつ計算量を抑えながら、所定の基準位置に対して全てのショット領域を高精度、高速にアライメントすることが可能である。

【0017】ところで、重み付けEGA方式では、上記公報にも開示されるように、例えば次の式（4）で表されるような重みづけ W_n を用いて、式（3）で示されるような残差の二乗和 E が最小となるようなパラメータ a, b, c, d, e, f をショット領域毎に求める。

【0018】

【数3】

$$E = \sum_{n=1}^m W_n \{ (\Delta X_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta Y_n - \Delta Y_n)^2 \} \quad \dots (3)$$

$$W_n = \frac{1}{\sqrt{2\pi S}} e^{-\frac{L_{in}^2}{2S}} \quad \dots (4)$$

【0019】上式（4）において、 L_{in} は、対象となるショット領域（ i 番目のショット領域）と n 番目のサンプルショットとの距離である。 S は、重み付けを決定するパラメータである。

【0020】あるいは、重み付けEGA方式では、次の

(5)

特開2001-345243

7

式(6)で表されるような重み付け W_{in} を用いて、式(5)で示されるような残差の二乗和 E_{in} が最小となるようなパラメータ a, b, c, d, e, f をショット領域毎に求める。

【0021】

【数4】

$$E_{in} = \sum_{j=1}^n W_{in} \{ (\Delta x_{ij} - \Delta X_{ij})^2 + (\Delta y_{ij} - \Delta Y_{ij})^2 \} \dots (6)$$

$$W_{in} = \frac{1}{\sqrt{2\pi S}} e^{-\frac{(L_{in} - L_{in0})^2}{2S}} \dots (6)$$

【0022】上式(6)において、 L_{in} は、対象となるショット領域 i 番目のショット領域と着目点(ウエハセンタ)との距離、 L_{in0} は、 n 番目のサンプルショットと着目点(ウエハセンタ)との距離である。また、式(4)、(6)におけるパラメータ S は、一例として次式(7)で表される。

【0023】

【数5】

$$S = \frac{B^2}{8 \cdot \log_{10}} \dots (7)$$

【0024】式(7)において、 B は、重みパラメータであり、この重みパラメータ B の物理的意味は、ウエハ上の各ショット領域の位置座標を計算するのに有効なサンプルショットの範囲(以下、単に「ゾーン」と呼ぶ)である。従って、ゾーンが大きい場合は有効なサンプルショットの数が多くなるので、従来のEGA方式で得られる結果に近くなる。逆にゾーンが小さい場合は、有効なサンプルショットの数が少なくなるので、D/D方式で得られる結果に近くなる。

【0025】

【発明が解決しようとする課題】現状の露光装置では、上述した重みパラメータは、5段階(最大ウエハと同じサイズ)に設定することが可能であるが、その設定は、オペレータの経験に基づき、若しくは実験(実際に重ね合せ露光をし)、又はシミュレーションにより、最適な領域を設定するという手法が採用されている。すなわち、重みパラメータ(ゾーン)の設定の根拠が明確となっていないため、経験則的に決定する他なかった。

【0026】また、重み付けEGA方式では、多数枚のウエハを連続的に処理する場合、それらのウエハが同一のプロセスを経たウエハであっても、全てのウエハに対して少なくとも選択されたサンプルショットについてはアライメントマークの計測(アライメント計測)を行わなければならない。特に、アライメントの計測精度をD/D方式と同程度に向上させるためには、全点に近いEGA計測点について計測を行う必要があるが、このような場合にはスループットが低下してしまう。

【0027】さらに、従来、重み付けEGA方式等では、EGA計測点の数も、経験則により決定していた。

8

【0028】本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、基板の非線形歪みを経験則によらず、適切に評価することができる評価方法を提供することにある。

【0029】本発明の第2の目的は、経験則によらず、基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を精度良くかつ高スループットで検出することができる位置検出方法を提供することにある。

10 【0030】本発明の第3の目的は、複数枚の基板を露光処理するに当たり、露光精度とスループットとをともに向上させることができる露光方法を提供することにある。

【0031】本発明の第4の目的は、マイクロデバイスの生産性を向上させることができるデバイス製造方法を提供することにある。

【0032】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、基板の非線形歪みの規則性や程度を評価する評価方法であって、基板上の複数の区画領域の各々について、各区画領域に対応して設けられるマークを検出して所定の基準位置との位置ずれ量を求める工程と；前記基準上の着目する区画領域の前記位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの前記位置ずれ量を示す各第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める評価関数を用いて、前記基板の非線形歪みの規則性や程度を評価する工程と；を含む。

30 【0033】これによれば、基板上の複数の区画領域の各々について、各区画領域に対応して設けられるマークを検出して所定の基準位置との位置ずれ量を求める。そして、基準上の着目する区画領域の前記位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの前記位置ずれ量を示す各第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める評価関数を用いて、基板の非線形歪みの規則性や程度を評価する。この評価関数により求められた相関が高い(1に近い)程、その着目する区画領域とその周囲の区画領域とは、ほぼ同じ方向の非線形歪みが生じ、相関が低い(0に近い)程、その着目する区画領域とその周囲の区画領域とは、ランダムな方向の非線形歪みが生じている。また、複数の区画領域の中に、計測誤差が他の区画領域に比べて大きいいわゆる「跳び領域」が含まれている場合を考えると、その区画領域は周囲の区画領域との相関が殆ど零であるから、結果的に上記の評価関数を用いることにより、そのような跳び領域の影響を効果的に低減することができる。

50 【0034】従って、基板の非線形歪みを経験則によらず、適切に評価することが可能となる。また、この評価結果に基づいて、例えば、EGAあるいは重み付けEGAにおける計測点(位置情報の計測に用いるマークの

(6)

特開2001-345243

9

10

数及び配置の少なくとも一方)を、経験則によらず適切に決定することができる。なお、位置情報の計測に用いるマークは、通常、予め選択された基板上の特定の複数のショット領域(サンプルショット)に対応して設けられる。

【0035】この場合において、請求項2に記載の発明の如く、前記評価関数は、前記第1ベクトルと前記各第2ベクトルとの間の方向及び大きさについての相関を求めるための関数であるとしても良い。

【0036】上記請求項1及び2に記載の各発明において、請求項3に記載の発明の如く、前記評価関数を用いて、前記各区画領域を所定点に位置合わせするのに用いる位置情報の補正値を決定する工程を更に含むこととすることができる。

【0037】上記請求項1～3に記載の各発明において、請求項4に記載の発明の如く、前記評価関数は、前記基板上の着目する区画領域を前記基板上のN個(Nは自然数)の区画領域のそれぞれに順次変更して得られる前記第1ベクトルとその周囲の複数のショット領域の各第2ベクトルとの少なくとも方向に関する相関を求めるためのN個の第1関数の相平均に相当する第2関数であることとすることができる。かかる評価関数によれば、N個の区画領域を含む基板上の領域について、経験則に頼ることなく、非線形歪みの規則性や程度を評価することができる。特に、N個の区画領域が基板上の全区画領域に相当する場合には、基板の全体について経験則に頼ることなく、非線形歪みの規則性や程度を評価することができる。

【0038】請求項5に記載の発明は、基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法において、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により前記位置情報を算出するとともに、前記基板上の着目する区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの前記基準位置との位置ずれ量を示す第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める関数を用いて、前記位置情報の補正値及び該補正値を決定する補正パラメータの少なくとも一方を決定することと特徴とする。

【0039】これによれば、基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出する。そして、上記の実測位置情報に基づいて得られる基板上の着目する区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの基準位置との位置ずれ量を示す第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める関数を用いて、前記位置情報の補正値及び該補正値を決定するパラメータの少なくと

も一方を決定する。すなわち、上記関数を用いれば、請求項1で説明したように、経験則によらず、基板の非線形歪みを評価することができ、結果的にその関数を用いて、基板の非線形歪みの程度及び大きさを考慮した前記位置情報の補正値及び該補正値を決定するパラメータの少なくとも一方を、経験則によらず、決定することができる。従って、経験則によらず、基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を精度良く検出することができ、しかも実測位置情報を得るための複数のマークの検出は、基板上の一部のマークについて行えば足りるので、高スループットな検出が可能である。

【0040】この場合において、請求項6に記載の発明の如く、前記統計演算によって前記各区画領域の位置誤差の線形成分が補正されて前記位置情報が算出され、前記関数によって前記位置誤差の非線形成分が補正されるように前記補正値が決定されることとすることができる。

【0041】上記請求項5及び6に記載の各発明に係る位置検出方法において、請求項7に記載の発明の如く、前記実測位置情報は、前記区画領域の設計位置情報に基づく前記所定点との位置偏差に対応し、前記複数の区画領域のうち少なくとも3つの特定区画領域でそれぞれ得られる前記実測位置情報を用いて統計演算を行い、前記位置情報を導出する変換式のパラメータを算出することとすることができる。

【0042】この場合において、請求項8に記載の発明の如く、前記特定区画領域毎に前記実測位置情報に重みを与えて前記パラメータを算出するとともに、前記関数を用いて前記重みを決定することとしても良い。かかる場合には、重みを経験則によらず、適切に決定することができる。

【0043】上記請求項5及び6に記載の各発明に係る位置検出方法において、請求項9に記載の発明の如く、前記実測位置情報は、前記基板の移動位置を規定する静止座標系における前記マークの座標値であり、前記位置情報は、前記各区画領域の前記静止座標系における座標値であることとすることができる。

【0044】上記請求項5～9に記載の各発明に係る位置検出方法において、請求項10に記載の発明の如く、前記位置情報の補正値は、前記関数を用いて最適化された補完関数に基づいて決定されることとしても良い。

【0045】請求項11に記載の発明は、基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法において、複数の基板でそれぞれ前記区画領域の位置情報を検出するために、前記複数の基板のうち第2枚目以降の第n枚目の基板については、該第n枚目の基板上の複数のマークを検出して得られる、少なくとも3つの特定区画領域でのその設計位置情報に基づく前記所定点との位置偏差に対

(7)

特開2001-345243

11

応する実測位置情報を用いて統計演算により算出した前記各区画領域の位置情報の線形成分と、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板での前記各区画領域の位置情報の非線形成分とを用いることを特徴とする。

【0046】ここで、「位置情報」とは、各区画領域の設計値からの位置ずれ量や、所定の基準位置に対する各区画領域の相対位置（例えば、露光装置の場合のマスクに対する基板上の区画領域の位置）や、区画領域相互の中心間距離など、各区画領域の位置に関する情報であって統計処理に適切な情報の全てを含む。

【0047】これによれば、複数枚、例えば、1ロットの基板でそれぞれ区画領域の位置情報を検出するに当たり、ロット内の第2枚目以降の第 n 枚目の基板については、該第 n 枚目の基板上の複数のマークを検出して得られる、少なくとも3つの特定区画領域でのその設計位置情報に基づく前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を用いて統計演算により算出した前記各区画領域の位置情報の線形成分と、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板での前記各区画領域の位置情報の非線形成分とを用いる。このため、第 n 枚目の基板については、基板上の予め選択された最低3つの特定区画領域の位置情報を求めるための複数マークの検出を行うだけで、複数の区画領域それぞれの位置情報を正確に、かつ高スループットで検出することが可能になる。特に第 n 枚目以降の全ての基板について、第 n 枚目と同様にし、複数の区画領域各々の位置情報を求める場合、最もスループットを向上することができる。

【0048】この場合において、請求項12に記載の発明の如く、前記複数の区画領域の各々についての位置情報の非線形成分は、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板についての前記各区画領域の位置情報の計測結果を所定の評価関数を用いて評価した評価結果から得られる前記基板の非線形歪みの規則性や程度を示す指標に基づいて最適化された単一の縮小関数と、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板について求められた前記各区画領域の位置情報の非線形成分とに基づいて求められることとすることができる。この場合、前述した請求項1、2及び4に記載の評価関数を用いることができる。

【0049】この場合において、請求項13に記載の発明の如く、前記補完関数は、フーリエ級数展開された関数である場合、前記評価結果に基づいて前記フーリエ級数展開の最高次数が最適化されることとすることができる。

【0050】上記請求項11に記載の発明において、請求項14に記載の発明の如く、前記各区画領域についての前記位置情報の非線形成分は、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報に重み付けをし、該重み付け後の情報を用いて統計演算を行って算出した前記各区画領域の位

12

置情報と、前記基板上的複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算を行って算出した前記各区画領域の位置情報との差に基づいて求められることとすることができる。

【0051】請求項15に記載の発明は、基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法において、複数枚の基板でそれぞれ前記各区画領域の位置情報を検出するために、前記複数枚の基板のうち第2枚目以降の第 n 枚目の基板については、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板についての前記各区画領域の前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を所定の評価関数を用いて評価した評価結果から得られる前記基板の非線形歪みの規則性や程度を示す指標に基づいて前記複数の区画領域を、予めブロック化し、前記ブロック毎に各ブロックに属する全ての区画領域の数である第1の数よりも小さい第2の数の区画領域についての前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を用いて対応するブロックに属する全ての区画領域の前記位置情報を決定することを特徴とする。

【0052】これによれば、複数枚、例えば1ロットの基板でそれぞれ各区画領域の位置情報を検出するに際し、ロット内の第2枚目以降の第 n 枚目の基板については、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板についての各区画領域の前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を所定の評価関数を用いて評価した評価結果から得られる基板の非線形歪みの規則性や程度を示す指標に基づいて複数の区画領域を、予めブロック化し、ブロック毎に各ブロックに属する全ての区画領域の数である第1の数よりも小さい第2の数の区画領域についての前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を用いて対応するブロックに属する全ての区画領域の前記位置情報を決定する。すなわち、第 n 枚目の基板については、評価結果を用いることにより、基板の非線形歪みの規則性や程度に応じて適切なブロック分けを行い、その各ブロックに属する第1の数の区画領域を1つの大きな区画領域と見做して、区画領域毎に前述したダイバダイ方式と同様の手法によりそのブロック内の1又は複数の区画領域の位置情報（線形成分及び非線形成分を含む）を検出し、その検出位置情報が1つの場合はその位置情報を、その検出位置情報が複数の場合はそれらの平均値を、対応するブロックに属する全ての区画領域の位置情報とする。従って、従来のダイバダイ方式に比べて、区画領域の位置情報の検出精度を維持しつつ、検出（実測）に要する時間を短縮することができる。特に、第 n 枚目以降の全ての基板について、上記の手法を採用する場合には、最もスループットを向上させることができる。

【0053】請求項16に記載の発明は、基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられ

13

る位置情報を検出する位置検出方法において、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報に重み付けをし、該重み付け後の情報を用いて統計演算により前記位置情報を算出するとともに、前記基板上の注目する区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの前記基準位置との位置ずれ量を示す各第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める関数を用いて、前記重み付けのための重みパラメータを決定することを特徴とする。

【0054】これによれば、上記関数を用いることにより、請求項1で説明したように、経験則によらず、基板の非線形歪みを評価することができ、結果的にその関数を用いて、基板の非線形歪みの程度及び大きさを考慮した重み付けのための重みパラメータを、経験則によらず、決定することができる。従って、経験則によらず、基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を精度良く検出することができ、しかも実測位置情報を得るための複数マークの検出は、基板上の複数区画領域の一部の区画領域に対応するマークについて行えば足りるので、高スループットな検出が可能である。

【0055】請求項17に記載の発明は、基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法において、複数枚の基板を露光処理するに当たり、前記複数枚の基板の内の第2枚目以降の第n枚目の基板については、請求項5～16のいずれか一項に記載の位置検出方法を用いて、各区画領域の位置情報を検出し、該検出結果に基づいて前記各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、当該各区画領域を露光

【0056】これによれば、複数枚、例えば1ロットの基板を露光処理するに当たり、ロット内の第2枚目以降の第n枚目の基板については、請求項5～16のいずれか一項に記載の位置検出方法を用いて、前記複数の区画領域それぞれの位置情報を検出するので、基板上の複数の区画領域の位置情報を精度良く、かつ高スループットで検出することができる。また、この精度良く検出された位置情報を用いて各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、露光を行うので、重ね合わせ精度の良い露光が可能になる。特に、第n枚目以降の全ての基板に対して上記の位置検出方法を適用する場合、最もスループットを向上させることができる。

【0057】請求項18に記載の発明は、リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、前記リソグラフィ工程では、請求項17に記載の露光方法を用いて露光を行うことを特徴とする。

【0058】これによれば、リソグラフィ工程で、請求項17に記載の発明に係る露光方法が用いられるので、重ね合わせ精度を高精度に維持し、かつ高いスループッ

(8)

特開2001-345243

14

トで露光が行われる。この結果、より微細な回路パターンを重ね合わせ精度良く基板上に形成することが可能になり、スループットの向上とあいまって高集積度のマイクロデバイスの生産性（歩留まりを含む）を向上させることができる。

【0059】

【発明の實施形態】《第1の實施形態》以下、本発明の第1の實施形態を、図1～図4に基づいて説明する。

【0060】図1には、本発明の一實施形態に係る露光方法を實施するための露光装置100の概略構成が示されている。この露光装置100は、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置である。この露光装置100は、照明系10、マスクとしてのレチクルRを保持するレチクルステージRST、投影光学系PL、基板としてのウエハWが搭載されるウエハステージWST、及び装置全体を統括制御する主制御系20等を備えている。

【0061】前記照明系10は、例えば特開平10-112433号公報などに開示されるように、光源、フライアイレンズ又はロッドインテグレート（内面反射型インテグレート）等からなる照度均一化光学系、リレーレンズ、可変NDフィルタ、レチクルブラインド、及びダイクロイックミラー等（いずれも不図示）を含んで構成されている。この照明系10では、回路パターン等が描かれたレチクルR上のレチクルブラインドで規定されたスリット状の照明領域部分を照明光ILによりほぼ均一な照度で照明する。ここで、照明光ILとしては、KrFエキシマレーザ光（波長248nm）などの遠紫外光、ArFエキシマレーザ光（波長193nm）、あるいはF₂レーザ光（波長157nm）などの真空紫外光などが用いられる。照明光ILとして、超高圧水銀ランプからの紫外域の輝線（g線、i線等）を用いることも可能である。

【0062】前記レチクルステージRST上には、レチクルRが、例えば真空吸着により固定されている。レチクルステージRSTは、ここでは、磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータから成る不図示のレチクルステージ駆動部によって、レチクルRの位置決めのため、照明系10の光軸（後述する投影光学系PLの光軸AXに一致）に垂直なXY平面内で微少駆動可能であるとともに、所定の走査方向（ここではY方向とする）に指定された走査速度で駆動可能となっている。さらに、本實施形態では、上記磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータとして、X駆動用コイル、Y駆動用コイルの他にZ駆動用コイルを含むものを用いているため、レチクルステージRSTをZ方向にも微少駆動可能な構成となっている。

【0063】レチクルステージRSTのステージ移動面内の位置は、レチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16によって、移動鏡15を介して、例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出される。

15

レチクル干渉計16からのレチクルステージRSTの位置情報はステージ制御系19及びこれを介して主制御系20に供給される。ステージ制御系19では、主制御系20からの指示に応じ、レチクルステージRSTの位置情報に基づいてレチクルステージ駆動部(図示省略)を介してレチクルステージRSTを駆動制御する。

【0064】レチクルRの上方には、一対のレチクルアライメント系22(但し、紙面奥側のレチクルアライメント系は不図示)が、配置されている。この一対のレチクルアライメント系22は、ここでは図示が省略されているが、照明光1Lと同じ波長の照明光にて検出対象のマークを照明するための投射照明系と、その検出対象のマークの像を撮像するためのアライメント顕微鏡とをそれぞれ含んで構成されている。アライメント顕微鏡は結像光学系と撮像素子とを含んでおり、アライメント顕微鏡による撮像結果は主制御系20に供給されている。この場合、レチクルRからの検出光をレチクルアライメント系22に導くための不図示の偏向ミラーが移動自在に配置されており、露光シーケンスが開始されると、主制御系20からの指令により、不図示の駆動装置により偏向ミラーはそれぞれレチクルアライメント系22と一体的に照明光1Lの光路外に退避される。

【0065】前記投影光学系PLは、レチクルステージRSTの図1における下方に配置され、その光軸AXの方向がZ軸方向とされている。投影光学系PLとしては、例えば両側テレストリックで所定の縮小倍率(例えば1/5、又は1/4)を有する屈折光学系が使用されている。このため、照明光学系からの照明光1LによってレチクルRの照明領域が照明されると、このレチクルRを通過した照明光1Lにより、投影光学系PLを介してその照明領域内のレチクルRの回路パターン(部分倒立像)が表面にレジスト(感光剤)が塗布されたウエハW上に形成される。

【0066】前記ウエハステージWSTは、投影光学系PLの図1における下方で、不図示のベース上に配置され、このウエハステージWST上には、ウエハホルダ25が載置されている。このウエハホルダ25上にウエハWが例えば真空吸着等によって固定されている。ウエハホルダ25は不図示の駆動部により、投影光学系PLの光軸直交面に対し、任意方向に傾斜可能で、かつ投影光学系PLの光軸AX方向(Z方向)にも微動可能に構成されている。また、このウエハホルダ25は光軸AX回りの微小回転動作も可能になっている。

【0067】ウエハステージWSTは、走査方向(Y方向)の移動のみならず、ウエハW上の複数のショット領域を前記照明領域と共役な露光領域に位置させることができるように、走査方向に直交する非走査方向(X方向)にも移動可能に構成されており、ウエハW上の各ショット領域を走査(スキャン)露光する動作と、次のショットの露光開始位置まで移動する動作とを繰り返すス

(9)

特開2001-345243

16

テップ・アンド・スキャン動作を行う、このウエハステージWSTはモータ等を含むウエハステージ駆動部24によりXY2次元方向に駆動される。

【0068】ウエハステージWSTのXY平面内での位置は、その上面に設けられた移動鏡17を介して、ウエハレーザ干渉計システム18によって、例えば、5〜1nm程度の分解能で常時検出されている。ここで、実際には、ウエハステージWST上には、走査方向(Y方向)に直交する反射面を有するY移動鏡と非走査方向(X方向)に直交する反射面を有するX移動鏡とが設けられ、これに対応してウエハレーザ干渉計18もY移動鏡に垂直に干渉計ビームを照射するY干渉計と、X移動鏡に垂直に干渉計ビームを照射するX干渉計とが設けられているが、図1ではこれらが代表的に移動鏡17、ウエハレーザ干渉計システム18として示されているものである。すなわち、本実施形態では、ウエハステージWSTの移動位置を規定する静止座標系(直交座標系)が、ウエハレーザ干渉計システム18のY干渉計及びX干渉計の測長軸によって規定されている。以下においては、この静止座標系を「ステージ座標系」とも呼ぶ。

【0069】ウエハステージWSTのステージ座標系における位置情報(又は速度情報)はステージ制御系19、及びこれを介して主制御系20に供給される。ステージ制御系19では、主制御系20の指示に応じ、ウエハステージWSTの上記位置情報(又は速度情報)に基づき、ウエハステージ駆動部24を介してウエハステージWSTを制御する。

【0070】また、ウエハステージWST上のウエハWの近傍には、基準マーク板FMが固定されている。この基準マーク板FMの表面は、ウエハWの表面と同じ高さに設定され、この表面にはいわゆるベースライン計測用の基準マーク、及びレチクルアライメント用の基準マークその他の基準マークが形成されている。

【0071】投影光学系PLの側面には、オフアクシス方式のアライメント顕微鏡ASが設けられている。このアライメント顕微鏡ASとしては、ここでは、例えば特開平2-54103号公報に開示されているような(Field Image Alignment(FIA)系)のアライメントセンサが用いられている。このアライメント顕微鏡ASは、所定の波長幅を有する照明光(例えば白色光)をウエハに照射し、ウエハ上のアライメントマークの像と、対物レンズ等によってウエハと共役な面内に配置された指標板上の指標マークの像とを、撮像素子(CCDカメラ等)の受光面上に結像して検出するものである。アライメント顕微鏡ASはアライメントマーク(及び基準板FM上の基準マーク)の撮像結果を、主制御系20へ向けて出力する。

【0072】露光装置100には、さらに、投影光学系PLの最良結像面に向けて複数のスリット像を形成するための結像光束を光軸AX方向に対して斜め方向より供

(10)

17

給する不図示の照射光学系と、その結像光束のウエハWの表面での各反射光束をそれぞれスリットを介して受光する不図示の受光光学系とから成る斜入射方式の多点フォーカス検出系が、投影光学系PLを支える支持部（図示省略）に固定されている。この多点フォーカス検出系としては、例えば特開平5-190423号公報に開示されるものと同様の構成のものが用いられ、ステージ制御系19はこの多点フォーカス検出系からのウエハ位置情報に基づいてウエハホルダ25をZ方向及び傾斜方向に駆動する。

【0073】主制御系20は、マイクロコンピュータ又はワークステーションを含んで構成され、装置の構成各部を統括して制御する。

【0074】次に、上述のようにして構成された本実施形態の露光装置100により、ウエハWに対して第2層目（セカンドレイヤ）以降の層の露光処理を行う際の動作について、主制御系20による制御アルゴリズムを示す図2のフローチャートに沿って、かつ適宜他の図面を参照しつつ説明する。

【0075】まず、不図示のレチクルローダにより、レチクルステージRST上にレチクルRがロードされ、主制御系20では、レチクルアライメント及びベースライン計測を行う。具体的には、主制御系20では、ウエハ駆動装置24を介してウエハステージWST上の基準板FMを投影光学系PLの直下に位置決めし、レチクルアライメント系22を用いてレチクルR上の一対のレチクルアライメントマークと基準板FM上の前記一対のレチクルアライメントマークにそれぞれ対応するレチクルアライメント用の一対の第1基準マークとの相対位置を検出した後、ウエハステージWSTを所定量、例えばベースライン量（設計値）だけXY面内で移動して、アライメント顕微鏡ASを用いて基準板FM上のベースライン計測用の第2基準マークを検出する。このとき、主制御系20では、このとき得られるアライメント顕微鏡ASの検出中心と第2基準マークの相対位置関係及び先に計測したレチクルアライメントマークと基準板FM上の第1基準マークとの相対位置と、それぞれに対応するウエハ干渉計18の計測値とに基づいて、ベースライン量（レチクルパターンの投影位置とアライメント顕微鏡ASの検出中心（指標中心）との相対位置関係）を計測する。

【0076】このような一連の準備作業が終了した時点で、図2のフローチャートが開始する。この図2のフローチャートは、同一ロット内の複数枚、例えば25枚のウエハを処理する場合の主制御系20の制御アルゴリズムを示す。また、前提として、ロット内の全てのウエハは同一条件、同一工程で各種処理が施されているものとする。さらに、前提として、後述するロット内のウエハ番号（m）を示す不図示のカウンのカウント値は「1」に初期設定されている（m=1）ものとする。

【0077】まず、ステップ102において、不図示の

特開2001-345243

18

ウエハローダを用いて図1のウエハホルダ25上の露光処理済みのウエハ（便宜上「W」と呼ぶ）と未露光のウエハWとを交換する。但し、ウエハホルダ25上にウエハWのない場合は、未露光のウエハWをウエハホルダ25上に単にロードする。

【0078】次のステップ104では、そのウエハホルダ25上にロードされたウエハWのサーチアライメントを行う。具体的には、例えば、ウエハW中心に関してはほぼ対称に周辺部に位置する少なくとも2つのサーチアライメントマーク（以下、「サーチマーク」と略述する）をアライメント顕微鏡ASを用いて検出する。これらの2つのサーチマークの検出は、それぞれのサーチマークがアライメント顕微鏡ASの検出視野内に位置するように、ウエハステージWSTを順次位置決めしつつ、かつアライメント顕微鏡ASの倍率を低倍率に設定して行われる。そして、アライメント顕微鏡ASの検出結果（アライメント顕微鏡ASの指標中心と各サーチマークとの相対位置関係）と各サーチマーク検出時のウエハ干渉計18の計測値とに基づいて2つのサーチマークのステージ座標系上の位置座標を求める。しかる後、2つのマークの位置座標からウエハW残像回転誤差を算出し、この回転誤差がほぼ零となるようにウエハホルダ25を微小回転させる。これにより、ウエハWのサーチアライメントが終了する。

【0079】次のステップ106では、前述したカウンタのカウント値nが、所定の値n以上であるかを判断することにより、ウエハホルダ25（ウエハステージWST）上のウエハWが、ロット内の第n枚目以降のウエハであるかを判断する。ここでは、所定の値nは2以上で25以下の任意の整数に予め設定される。以下においては、説明の便宜上から、n=2であるものとして説明を行う。この場合、ウエハWはロット先頭（第1枚目）のウエハであるから、初期設定によりm=1となっているので、ステップ106の判断は否定され、次のステップ108に進む。

【0080】ステップ108では、ウエハW上の全てのショット領域のステージ座標系上における位置座標を計測する。具体的には、前述したサーチアライメント時における各サーチマークの位置座標の計測と同様にして、ウエハW上のウエハアライメントマーク（ウエハマーク）のステージ座標系上における位置座標、すなわち、ショット領域の位置座標を求める。但し、ウエハマークの検出は、アライメント顕微鏡ASの倍率を高倍率に設定して行う。

【0081】次のステップ110では、上記ステップ108で計測したショット領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標とに基づいて特開昭61-44429号公報等（前述した式（2）のEGA演算）を行い、前述した式（1）の6つのパラメータa～f（ウエハW上の各ショ

(11)

特開2001-345243

19

20

ット領域の配列に関するローテーション θ 、X、Y方向のスケーリング S_x 、 S_y 、直交度 $Orth$ 、X、Y方向のオフセット O_x 、 O_y の6つのパラメータに対応)を算出するとともに、この算出結果とショット領域の設計上の位置座標とに基づいて、全ショット領域の位置座標(配列座標)を算出し、その算出結果、すなわちウエハW上の全ショット領域の位置座標を内部メモリの所定領域に記憶する。

【0082】次のステップ112では、ウエハW上の全てのショット領域について、位置ずれ量の線形成分と非線形成分とを分解する。具体的には、上記ステップ110で算出した各ショット領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標との差を位置ずれ量の線形成分として算出するとともに、前述したステップ108で実際に計測した全てのショット領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標との差から前記線形成分を差し引いた残差を非線形成分として算出する。

【0083】次のステップ114では、上記ステップ112の処理中に算出した全てのショット領域の位置座標(実測値)とそれぞれの設計上の位置座標との差である位置ずれ量と、所定の評価関数とに基づいて、ウエハWの非線形歪みを評価し、この評価結果に基づいて補完関数(位置ずれ量(配列ずれ)の非線形成分を表現する関数)を決定する。

【0084】以下、このステップ114の処理について、図3及び図4を参照して詳述する。

【0085】上記のウエハWの非線形歪み、すなわち非線形成分の規則性及びその度合いを評価するための評価関数としては、例えば次式(8)で示される評価関数 $W_1(s)$ が用いられる。

【0086】

【数6】

$$W_1(s) = \frac{\sum_{k=1}^N \left(\frac{\sum_{i=1}^N \frac{r_i \cdot r_k}{|r_i| |r_k|}}{\sum_{i=1}^N 1} \right)}{N} \quad \dots (8)$$

【0087】図3には、上式(8)の評価関数の意味内容を説明するためのウエハWの平面図が示されている。図3において、ウエハW上には複数の区画領域としてのショット領域 SA (総ショット数 N)がマトリクス状配置で形成されている。各ショット領域内に矢印で示されるベクトル r_k ($k=1, 2, \dots, 1, \dots, N$)は、各ショット領域の位置ずれ量(配列ずれ)を示すベクトルである。

【0088】上式(8)において、 N はウエハW内のショット領域の総数を示し、 k はそれぞれのショット領域のショット番号を示す。また、 s は、図3に示される若

目するショット領域 SA_i の中心を中心とする円の半径を示し、 i は、若目する k 番目のショット領域から半径 s の円内に存在するショット領域のショット番号を示す。また、式(8)中の $i \in s$ が付された Σ は、若目する k 番目のショット領域 SA_i から半径 s の円内に存在する全てのショット領域についての総和をとることを意味する。

【0089】いま、上記式(8)の右辺のかっこ内部分の関数を次式(9)のように定義する。

【0090】

【数7】

$$f_1(s) = \frac{\sum_{i \in s} \frac{r_i \cdot r_i}{|r_i| |r_i|}}{\sum_{i=1}^N 1} \quad \dots (9)$$

【0091】上式(9)の関数 $f_1(s)$ の意味するところは、若目するショット領域の位置ずれベクトル r_i (第1ベクトル)と、その周囲(半径 s の円内)のショット領域における位置ずれベクトル r_j が成す角度 $\cos \theta_{ij}$ の平均値である。従って、この関数 $f_1(s)$ の値が1ならば、半径 s の円内の全てのショット領域における位置ずれベクトルは、全て同じ方向を向いていることになる。0ならば、半径 s の円内の全てのショット領域における位置ずれベクトルはお互いに全くランダムな方向を向いているということになる。すなわち、関数 $f_1(s)$ は、若目するショット領域の位置ずれベクトル r_i とその周囲の複数のショット領域の各位置ずれベクトル r_j との方向に関する相関を求めるための関数であり、これはウエハW上の部分領域について非線形歪みの規則性や程度を評価するための評価関数である。

【0092】従って、式(8)の評価関数 $W_1(s)$ は、若目するショット領域 SA_i をショット領域 SA_1 から SA_N に順次変更した際の関数 $f_1(s)$ の加算平均に他ならない。

【0093】図4には、図3に示されるウエハWに対応する具体的な評価関数 $W_1(s)$ の一例が示されている。この図4から明らかなように、評価関数 $W_1(s)$ によると、 s の値に応じて $W_1(s)$ の値が変化するので、経験則に頼ることなく、ウエハWの非線形歪みの規則性や程度を評価することができ、この評価結果を用いることにより、次のようにして、位置ずれ量(配列ずれ)の非線形成分を表現する補完関数を決定することができる。

【0094】まず、補完関数として、例えば次式(10)、(11)でそれぞれ示されるようなフーリエ級数展開された関数を定義する。

【0095】

【数8】

(12)

特開2001-345243

21

22

$$\delta_z(x, y) = \sum_{p=0}^P \sum_{q=0}^Q \left(A_{pq} \cos \frac{2\pi p x}{D} \cdot \cos \frac{2\pi q y}{D} + B_{pq} \cos \frac{2\pi p x}{D} \cdot \sin \frac{2\pi q y}{D} \right. \\ \left. + C_{pq} \sin \frac{2\pi p x}{D} \cdot \cos \frac{2\pi q y}{D} + D_{pq} \sin \frac{2\pi p x}{D} \cdot \sin \frac{2\pi q y}{D} \right) \quad \dots (10)$$

$$A_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_z(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi p x}{D} \cdot \cos \frac{2\pi q y}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi p x}{D} \cdot \cos \frac{2\pi q y}{D}}$$

$$B_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_z(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi p x}{D} \cdot \sin \frac{2\pi q y}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi p x}{D} \cdot \sin \frac{2\pi q y}{D}}$$

$$C_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_z(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi p x}{D} \cdot \cos \frac{2\pi q y}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi p x}{D} \cdot \cos \frac{2\pi q y}{D}}$$

$$D_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_z(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi p x}{D} \cdot \sin \frac{2\pi q y}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi p x}{D} \cdot \sin \frac{2\pi q y}{D}}$$

[0096]

* * [数9]

$$\delta_y(x, y) = \sum_{p=0}^P \sum_{q=0}^Q \left(A_{pq}' \cos \frac{2\pi p x}{D} \cdot \cos \frac{2\pi q y}{D} + B_{pq}' \cos \frac{2\pi p x}{D} \cdot \sin \frac{2\pi q y}{D} \right. \\ \left. + C_{pq}' \sin \frac{2\pi p x}{D} \cdot \cos \frac{2\pi q y}{D} + D_{pq}' \sin \frac{2\pi p x}{D} \cdot \sin \frac{2\pi q y}{D} \right) \quad \dots (11)$$

$$A_{pq}' = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi p x}{D} \cdot \cos \frac{2\pi q y}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi p x}{D} \cdot \cos \frac{2\pi q y}{D}}$$

$$B_{pq}' = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi p x}{D} \cdot \sin \frac{2\pi q y}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi p x}{D} \cdot \sin \frac{2\pi q y}{D}}$$

$$C_{pq}' = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi p x}{D} \cdot \cos \frac{2\pi q y}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi p x}{D} \cdot \cos \frac{2\pi q y}{D}}$$

$$D_{pq}' = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi p x}{D} \cdot \sin \frac{2\pi q y}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi p x}{D} \cdot \sin \frac{2\pi q y}{D}}$$

【0097】上式(10)において、 A_{pq} 、 B_{pq} 、 C_{pq} 、 D_{pq} は、フーリエ級数係数であり、また、 $\delta_z(x, y)$ は、座標 (x, y) のショット領域の位置ずれ量(配列ずれ)の非線形成分のX成分(補完値、すなわち補正値)を示す。また、 $\Delta_z(x, y)$ は、前述したステップ112で算出された座標 (x, y) のショット領域の位置ずれ量(配列ずれ)の非線形成分のX成分である。

【0098】同様に、上式(11)において、 A_{pq}' 、 B_{pq}' 、 C_{pq}' 、 D_{pq}' は、フーリエ級数係数であり、また、 $\delta_y(x, y)$ は、座標 (x, y) のショット領

域の位置ずれ量(配列ずれ)の非線形成分のY成分(補完値、すなわち補正値)を示す。また、 $\Delta_y(x, y)$ は、前述したステップ112で算出された座標 (x, y) のショット領域の位置ずれ量(配列ずれ)の非線形成分のY成分である。また、式(10)、(11)において、 D はウエハWの直径を示す。

【0099】上式(10)、(11)の関数では、ショット領域の位置ずれ量(配列ずれ)の変動がウエハの直径当たり何周期存在するかを決定するパラメータ p 、 q の最大値 $p_{max} = P$ 、 $q_{max} = Q$ の決定が重要である。

【0100】その理由は、次の通りである。すなわち、

(13)

特開2001-345243

23

今、ウェハWの全ショット領域について得られたショット領域の配列ずれの非線形成分を上式(10)、(11)で展開することを考える。この場合において、ショット領域の位置ずれ量(配列ずれ)の変動がショット領域毎に生じているものとして、パラメータ p 、 q の最大値 $p_{max}=P$ 、 $q_{max}=Q$ を1周期がショットピッチとなる場合に相当する最大値にした場合に、いずれかのショット領域が、アライメント誤差が他のショット領域に比べて大きい所謂「跳びショット」が含まれている場合を考える。このような跳びショットは、ウェハマークの崩れ等に起因する計測エラー、又はウェハ裏面の異物等に起因する局所的な非線形歪みにより発生するものである。このような場合、その跳びショットの計測結果までも含んで補完関数で表現してしまうことになる。これを防ぐためには、 P 、 Q を1周期がショットピッチとなる場合に相当する上述した最大値よりも小さな値にする必要がある。すなわち、跳びショットの計測結果などに起因する高周波成分は除去し、最適な低周波成分のみを補完

$$P=D/s=D/3, Q=D/s=D/3$$

【0103】これにより、最適な P 、 Q を決定することができ、これにより式(10)、(11)の補完関数を決定することができる。

【0104】次のステップ118では、上述のようにして決定した式(10)、(11)の補完関数に、ステップ112で算出された座標 (x, y) のショット領域の位置ずれ量(配列ずれ)の非線形成分の X 成分 Δx 、 (x, y) 、 Y 成分 Δy 、 (x, y) を、それぞれ代入して、演算を行うことにより、ウェハW上の全ショット領域の配列ずれの非線形成分の X 成分(補完値、すなわち補正値)及び Y 成分(補完値、すなわち補正値)を算出した後、ステップ122に進む。

【0105】ステップ122では、前述した内部メモリ内の所定領域に記憶された全ショット領域の配列座標と、それぞれのショット領域について上記ステップ118で算出された位置ずれ量の非線形成分の補正値とに基づいて、各ショット領域について位置ずれ量(線形成分及び非線形成分)が補正された重ね合わせ補正位置を算出するとともに、その重ね合わせ補正位置のデータと、予め計測したベースライン量とに基づいて、ウェハW上の各ショット領域の露光のための走査開始位置にウェハWを順次ステップングさせる動作と、レチクルステージRSTとウェハステージWSTとを走査方向に同期移動させつつレチクルパターンをウェハ上に転写する動作とを、繰り返し、ステップ・アンド・スキャン方式による露光動作を行う。これにより、ロット先頭(ロット内の第1枚目)のウェハWに対する露光処理が終了する。

【0106】次のステップ124では、前述したカウンタのカウント値 $m>24$ が成立するかどうかを判断することにより、ロット内の全てのウェハの露光が終了したかどうかを判断する。ここでは、 $m=1$ であるから、この判

24

*完関数で表現することが望ましい。

【0101】そこで、本実施形態では、前述した式(8)の評価関数 $W(s)$ を用いて、パラメータ p 、 q の最大値 $p_{max}=P$ 、 $q_{max}=Q$ を決定することとした。このようにすると、仮に、跳びショットが存在したとしても、その跳びショットと周囲のショット領域との間には相関は殆どない。従って、その跳びショットの計測結果は、式(8)で示される $W(s)$ の値を増加させる要因にはならないので、結果的に式(8)を用いることにより跳びショットの影響を低減あるいは除去することが可能になる。すなわち、図4において、例えば $W(s)>0$ 、7であるような半径 s 内の領域を互いに相関がある領域とみなし、その領域を1つの補完値で表現することを考えると、図4より、そのような s は $s=3$ である。 P 、 Q はこの値 $s=3$ 、及びウェハの直径 D を用いて次のように書くことができる。

【0102】

……(12)

断は否定され、ステップ126に進んで、カウンタのカウント値 m をインクリメント($m=m+1$)した後、ステップ102に戻る。

【0107】ステップ102において、不図示のウェハローダを用いて図1のウェハホルダ25上の露光処理済みのロット先頭のウェハとロット内の第2枚目のウェハWとを交換する。

【0108】次のステップ104では、前述と同様にして、ウェハホルダ25上にロードされたウェハW(この場合、ロット内の第2枚目のウェハ)のサーチアライメントを行う。

【0109】次のステップ106では、前述したカウンタのカウント値 m が、所定の値 $n=2$ 以上か否かを判断することにより、ウェハホルダ25(ウェハステージWST)上のウェハWが、ロット内の第 $n=2$ 枚目以降のウェハであるか否かを判断する。この場合、ウェハWはロット内の第2枚目のウェハであるから、 $m=2$ となっているので、ステップ106の判断は肯定され、ステップ120に移行する。

【0110】ステップ120では、通常の8点EGAにより、ウェハW上の全ショット領域位置座標を算出する。より具体的には、前述と同様にアライメント頭後鏡ASを用いて、ウェハW上の予め選択された8つのショット領域(サンプルショット)に付設されたウェハマークを計測し、それらのサンプルショットのステージ座標系上における位置座標を求める。そして、その求めたサンプルショットの位置座標とそれぞれの設計上の位置座標とに基づいて特開昭61-44429号公報等に開示されるような最小自乗法を用いた統計演算(前述した式(2)のEGA演算)を行い、前述した式(1)の6つのパラメータを算出するとともに、この算出結果とショ

(14)

特開2001-345243

25

26

ット領域の設計上の位置座標とに基づいて、全ショット領域の位置座標（配列座標）を算出する。そして、その算出結果を内部メモリの所定領域に記憶した後、ステップ122に進む。

【0111】ステップ122では、前述と同様に、ステップ・アンド・スキャン方式により、ロット内の第2枚目のウエハWに対する露光処理が行われる。この際、各ショット領域の露光の際の走査開始位置へのウエハWのステッピングに際しては、内部メモリ内の所定領域に記憶された全ショット領域の配列座標と、それぞれのショット領域について先にステップ118で算出された位置ずれ量の非線形成分の補正值とに基づいて、各ショット領域について位置ずれ量（線形成分及び非線形成分）が補正された重ね合わせ補正位置が算出される。

【0112】上記のようにして、ロット内の第2枚目のウエハWの露光が終了すると、ステップ124に進み、ロット内の全てのウエハの露光が終了したか否かを判断するが、ここにおける判断は否定され、ステップ102に戻って、以降、ロット内の全てのウエハの露光が終了するまで、上記ステップ102～ステップ124の処理、判断が繰り返行われる。

【0113】そして、ロット内の全てのウエハの露光が終了し、ステップ124の判断が肯定されると、本ルーチンの一連の処理を終了する。

【0114】以上説明したように、本第1の実施形態によると、前述したような評価関数の導入によって、経験則に頼ることなく、明確な根拠に基づいて、ウエハWの非線形歪みを評価することができる。そして、その評価結果に基づいてウエハW上の各図画領域の位置ずれ量（配列ずれ）の非線形成分を算出することができ、この算出結果とEGAにより求めたショット領域の配列ずれの線形成分とに基づいて、各ショット領域の配列ずれ（線形成分のみならず非線形成分をも）、ひいては重ね合わせ補正位置を正確に求めることができる。従って、上記各ショット領域の重ね合わせ補正位置に基づいて、ウエハW上の各ショット領域の露光のための走査開始位置にウエハWを順次ステッピングさせつつ、レチクルパターンをウエハW上の各ショット領域に転写することにより、ウエハW上の各ショット領域にレチクルパターンを非常に高精度に重ね合わせることができる。

【0115】また、本実施形態では、ロット内の第2枚目のウエハWの露光に際しては、通常の8点EGAでの計測結果に基づいてウエハ上のショット領域の配列ずれの線形成分を補正するとともに、ショット領域の配列ずれの非線形成分については、ロット先頭のウエハと第2枚目のウエハとが同じ非線形成分を持っているものとみなして、非線形成分の補正值についてはロット先頭で求めた値をそのまま使用する。このため、ロット内の全てのウエハに対して全点EGAを行う場合に比べて、計測点数の削減により、スループットを向上することができ

る。

【0116】なお、上記実施形態では、ロット内の第2枚目以降については、8点EGAを行うものとしたが、EGAの計測点数（アライメントマーク数（通常はサンプルショット数に対応）は、統計演算で求める未知パラメータ（上記実施形態では6つ）の数より多ければ、いくつでも良いことは勿論である。

【0117】また、例えば、図3中に仮想線で示されるウエハW上の欠けショット領域 SA_1' ～ SA_n' を考え、これらの欠けショット領域をも露光する場合を考える。この場合、欠けショットの何れにもEGAの計測点を設定しない場合であっても、本第1の実施形態では、これらの欠けショット SA_1' ～ SA_n' についても位置ずれ量の線形成分は勿論非線形成分についても補正が可能である。

【0118】なお、上記実施形態では、ロット先頭のウエハの露光に際して、全ショット領域のウエハマークの計測結果を用いてEGA演算により算出したショット配列座標と補完関数に基づいて算出した配列座標の非線形成分とに基づいて、各ショット領域の走査開始位置へ位置決めするものとしたが、これに限らず、ステップ108で計測した各ショット領域の位置ずれ量の測値に基づいて、EGA演算を行うことなく、各ショット領域の走査開始位置へ位置決めすることとしても良い。

【0119】また、上記実施形態において、 n が3以上の整数に設定されている場合には、ロット内の最初の $(n-1)$ 枚（複数枚）のウエハについては、ステップ108からステップ118までの処理が、繰り返行われることとなるが、この際、ステップ118では、第2枚目から $n-1$ 枚目までのウエハについては、全ショット領域の配列ずれの非線形成分（補正值）を、例えばそれまでの各回の演算結果の平均値に基づいて求めることとすれば良い。勿論、第 n 枚目（ $n \geq 3$ ）以降のウエハでも、第 $(n-1)$ 枚目までの少なくとも2枚のウエハでそれぞれ算出される非線形成分（補正值）の平均値を用いるようにしても良い。

【0120】なお、前述した評価関数は、一例であって、これに限らず、例えば、式（8）の評価関数に代えて、次の式（13）で示されるような評価関数 W

を用いても良い。

【0121】

【数10】

$$W_2(s) = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n \frac{r_{ij} \cdot r_{ij}}{r_{ij}^2}}{\sum_{j=1}^n 1} \right)}{N} \quad \dots (13)$$

【0122】この式（13）の評価関数によると、注目するショット領域の位置ずれベクトル r_i （第1ベクトル

(15)

特開2001-345243

27

ル)と、その周囲(半径 s の円内)の各ショット領域における位置ずれベクトル r_i (第2ベクトル)との間の方向及び大きさについての相関をも求めることができる。通常、この式(13)の評価関数 $W_1(s)$ によると、上記実施形態に比べて、より正確にウエハの非線形歪みの規則性やその程度を評価することができる。但し、この式(13)の評価関数では、大きさをも考慮しているが故に、ウエハ W 上の各ショット領域の位置ずれ量の発生状況によっては、却って評価の精度が低下することが、非常に稀ではあるが、起こり得る。

【0123】そのような場合を考慮して、式(8)の評価関数 $W_1(s)$ と式(13)の評価関数 $W_2(s)$ とを同時に用い、これらの評価関数が共に高い相関を示す(ともに1に近い)範囲の半径 s を求めることにより、ウエハの非線形歪みを評価することとしても良い。また、この場合、このようにして求めた s を用いて、前述した補完関数を決定すれば良い。

【0124】なお、上記第1の実施形態におけるステップ114の処理を省略しても良い。すなわち、ステップ112において分離された位置ずれ量の非線形成分をそのまま、ステップ122において、各ショット領域の位置ずれ量の非線形成分(補正値)として用いても良い。

【0125】また、上記第1の実施形態では、 $n \geq 3$ としたとき、1～($n-1$)枚目までの複数のウエハ(基板)の少なくとも1枚で全てのショット領域の座標値を検出するだけでも良いし、その少なくとも1枚のウエハが第1枚目のウエハを含まなくても良い。さらに、上記第1の実施形態では($n-1$)枚目のウエハで座標値(マーク)が検出されるショット領域は全ショット領域でなくても良い。特に、ウエハの全面で非線形歪みの傾向がほぼ揃っていると、ある程度予想されるときは、例えば1つおきのショット領域について座標値を検出するだけで良い。また、EGA方式では、アライメントショット領域(全ショット領域又はその内の特定の複数のショット領域がサンプルショットとして選択されている場合は、その選択された特定のショット領域)のアライメントマークの座標値を用いるものとしたが、例えばアライメントショット領域毎にその設計上の座標値に従ってウエハ W を移動してレチクル R 上のマーク、又はアライメント顕微鏡 AS の指標マークとの位置ずれ量を検出し、この位置ずれ量を用いて統計演算によってショット領域毎に設計上の座標値からの位置ずれ量を算出しても良いし、あるいはショット領域間のステップピッチの補正量を算出しても良い。これは、重み付けEGA方式や後述するショット内多点EGA方式でも同様である。

【0126】すなわち、EGA(重み付けEGA、ショット内多点EGA、ブロック化EGA等を含む)方式では、アライメントショット領域の座標値に限らず、アライメントショット領域に関する位置情報であって統計処理に適切な情報であれば、如何なる情報を用いて統計演

28

算を行っても良いし、各ショット領域の座標値に限らず、各ショット領域の位置に関する情報であれば、いかなる情報を算出しても良い。

【0127】さらに、上記第1の実施形態では、EGA方式を前提に説明を行ったが、EGA方式の代わりに重み付けEGA方式を用いても良いし、あるいはショット内多点EGA方式等を用いても良い。なお、ショット内多点EGA方式は、例えば特開平6-349705号公報などに開示されており、アライメントショット領域毎に複数のアライメントマークを検出して X 、 Y 座標をそれぞれ複数個ずつ得るようにし、EGA方式で用いられるウエハの伸縮、回転等に対応するウエハパラメータの他に、ショット領域の回転誤差、直交度、及びスケーリングに対応するショットパラメータ(チップパラメータ)の少なくとも1つをパラメータとして含むモデル関数を用いて各ショット領域の位置情報、例えば座標値を算出するものである。

【0128】これを更に詳述すると、このショット内多点EGA方式は、基板上に配列された各ショット領域内の基準位置に対してそれぞれ設計上一定の相対位置関係で配置された複数のアライメントマーク(1次元マーク、2次元マークのいずれでも良い)がそれぞれ形成され、これら基板上に存在するアライメントマークの中から所定数のアライメントマークであって、 X 位置情報の数と Y 位置情報の数との和が上記モデル関数に含まれるウエハパラメータ及びショットパラメータの総数より多く、かつ少なくとも同一のアライメントショット領域について同一方向に複数の位置情報が得られる所定数のアライメントマークの位置情報を計測する。そして、これらの位置情報を、上記モデル関数に代入し、最小自乗法等を用いて統計処理することにより、そのモデル関数に含まれるパラメータを算出し、このパラメータと、各ショット領域内の基準位置の設計上の位置情報及び基準位置に対するアライメントマークの設計上の相対位置情報から、各ショット領域の位置情報を算出するものである。

【0129】この場合も、位置情報として、アライメントマークの座標値を用いても良いが、アライメントマークに関する位置情報であって統計処理に適切な情報であれば、如何なる情報を用いて統計演算を行っても良い。

【0130】また、本発明を重み付けEGA方式に適用する場合は、式(4)又は(6)の重みパラメータ S を前述の評価関数を用いて決定する。具体的には、前述した図2のステップ108と同様にして、例えばロット内の第1枚目のウエハ上の全ショット領域の位置座標の計測を行い、この計測結果と各ショット領域の設計値との差を演算することにより、各ショット領域の位置ずれ量、すなわち位置ずれベクトルを求める。次いで、この位置ずれベクトルと例えば式(8)の評価関数 $W_1(s)$ とに基づいて、ウエハ W の非線形歪みを評価

50

(15)

特開2001-345243

29

し。例えば $W_1(s) > 0.8$ であるような半径 s 内の領域を互いに相関がある領域とみなし、そのような s を求める。そして、この s の値をそのまま、あるいは一定の係数を乗じて、例えば式(7)のBに代入することにより、式(4)又は(6)中の重みパラメータ S 、ひいては重み付け W_{1n} 又は W_{1n}' を、経験則によることなく、決定することができる。

【0131】このようにして重みパラメータ S 並びに重み付け W_{1n} 又は W_{1n}' を決定する重み付けEGA方式を採用する、例えば1ロットのウエハの処理シーケンスとしては、例えば、次のような2つの処理シーケンスが考えられる。

【0132】(第1のシーケンス)例えば、ロット先頭のウエハに対して図2のステップ108、110の処理を行った後、次のa.～d.の処理を順次行う。

【0133】a. 全ショット領域の位置ずれ量を算出する。b. 位置ずれ量と上記評価関数を用いて前述のようにして重みパラメータ S を決定する。c. 重みパラメータ S を用いて重み付けEGA方式により全ショット領域の配列座標を算出する。d. 上記c. で求めた配列座標(重み付けEGA結果)とステップ110で求めた配列座標(EGA結果)との差に基づいて全ショット領域の配列ずれの非線形成分(補正值)のマップ(非線形成分の補完マップ)を作成する。

【0134】そして、ロット先頭のウエハに対する露光に際しては、上記の非線形成分の補完マップとステップ110で求めた配列座標とに基づいて各ショット領域の重ね合わせ補正位置を算出し、その重ね合わせ補正位置のデータと予め計測したベースライン量とに基づいて、ウエハW上の各ショット領域の露光のための走査開始位置にウエハWを順次ステッピングさせつつ、ステップ・アンド・スキャン方式の露光を行う。第2枚目以降のウエハについては、ステップ120の処理を行い、このステップ120の通常の8点EGAの結果と上記の非線形成分の補完マップとに基づいて、各ショット領域の重ね合わせ補正位置を算出し、その重ね合わせ補正位置のデータを用いて、上記と同様にしてステップ・アンド・スキャン方式の露光を行う。

【0135】この第1のシーケンスによると、上述した第1の実施形態と同等の効果を得ることができる。

【0136】(第2のシーケンス)例えば、ロット先頭のウエハに対して図2のステップ108と同様にして、全ショット領域の位置座標計測を行った後、全ショット領域についてその計測結果と設計上の配列座標との差である位置ずれ量を算出する。次に、位置ずれ量と上記評価関数を用いて前述のようにして重みパラメータ S を決定する。次に、重みパラメータ S を用いて重み付けEGA方式により全ショット領域の配列座標を算出する。そして、ロット先頭のウエハに対する露光に際しては、上記の重み付けEGA方式により算出された全ショット領

30

域の配列座標を重ね合わせ補正位置とし、その重ね合わせ補正位置のデータと予め計測したベースライン量とに基づいて、ウエハW上の各ショット領域の露光のための走査開始位置にウエハWを順次ステッピングさせつつ、ステップ・アンド・スキャン方式の露光を行う。

【0137】第2枚目以降のウエハのアライメントに際しては、ロット先頭のウエハのアライメントの際に決定した重みパラメータ S に基づいて、サンプルショットの枚数及び配置を決定し、その決定したサンプルショットのアライメントマークの位置座標の計測と、その計測結果に基づいて重み付けEGA方式により各ショット領域の配列座標を算出する。勿論、この際に、ロット先頭のウエハのアライメントの際に決定した重みパラメータ S に応じた重み付けが行われることは言うまでもない。そして、算出された配列座標を重ね合わせ補正位置として、第2枚目以降のウエハに対してステップ・アンド・スキャン方式の露光を行う。

【0138】すなわち、この第2のシーケンスは、従来の重み付けEGA方式のアライメントに際して、前述した評価関数を用いて例えばロット先頭のウエハの非線形歪みを評価し、その評価結果に基づいて重みパラメータ S を、ロット先頭のウエハは勿論、第2枚目以降についても、経験則に頼ることなく、決定するものである。この第2のシーケンスによると、ウエハの非線形歪みの程度、大きさに応じた適切なサンプルショットの配置と数とを決定することができるとともに、適切な重み付けを行うことができるので、従来の重み付けEGA方式を採用するにもかかわらず、高精度な重ね合わせ露光を、必要最低限のサンプルショットの設定で実現することが可能になる。

【0139】《第2の実施形態》次に、本発明の第2の実施形態を図5に基づいて説明する。この第2の実施形態は、装置構成等は、前述した第1の実施形態と同一であり、主制御系20の制御アルゴリズムが異なるのみであるので、以下においては、この相違点を中心として説明する。

【0140】図5には、本第2の実施形態の露光装置により、ウエハWに対して第2層目(セカンドレイヤ)以降の層の露光処理を行う際、主制御系20による制御アルゴリズムを示すフローチャートが示されている。

【0141】前述した第1の実施形態と同様の手順で、レチクルロード、レチクルアライメント及びベースライン計測などの一連の準備作業が終了した時点で、図5のフローチャートが開始する。この図5のフローチャートは、同一ロット内の複数枚、例えば25枚のウエハを処理する場合の主制御系20の制御アルゴリズムを示す。また、前提として、ロット内の全てのウエハは同一条件、同一工程で各種処理が施されているものとする。さらに、前提として、後述するロット内のウエハ番号(m)を示す不図示のカウンタのカウント値は「1」に

(17)

特開2001-345243

31

初期設定されている($m-1$)ものとする。

【0142】まず、ステップ202において、不図示のウエハローダを用いて図1のウエハホルダ25上の露光処理済みのウエハ(便宜上「W」と呼ぶ)と未露光のウエハWとを交換(あるいは、ウエハホルダ25上にウエハWのない場合は、未露光のウエハWをウエハホルダ25上に単にロード)する。

【0143】次のステップ204では、そのウエハホルダ25上にロードされたウエハWのサーチアライメントを、前述した第1の裏面形態と同様の手順で行う。

【0144】次のステップ206では、前述したカウンタのカウント値 m が、所定の値 n 以上であるかを判断することにより、ウエハホルダ25(ウエハステージWST)上のウエハWが、ロット内の第 n 枚目以降のウエハであるかを判断する。ここで、所定の値 n は2以上で25以下の任意の整数に予め設定される。以下においては、説明の便宜上から、 $n=2$ であるものとして説明を行う。この場合、ウエハWはロット先頭(第1枚目)のウエハであるから、初期設定により $m=1$ となっているので、ステップ206の判断は否定され、次の

ステップ208に進む。

【0145】ステップ208では、ウエハW上の全てのショット領域のステージ座標系における位置座標を、前述したステップ108と同様にして計測する。

【0146】次のステップ210では、上記ステップ208の計測結果に基づいて、ウエハW上の全てのショット領域について、位置ずれ量(設計値からの位置ずれ量)をそれぞれ算出する。

【0147】次のステップ212では、上記ステップ210で算出したショット領域毎の位置ずれと評価関数とを用いて、ウエハWの非線形歪みを評価し、その評価結果に基づいて、ウエハW上のショット領域を複数のブロックにブロック化する。具体的には、ステップ210で算出したショット領域毎の位置ずれ量に基づいて、前述した式(8)の評価関数 $W_r(s)$ と、式(13)の評価関数 $W_r(s)$ とをそれぞれ求め、それぞれの評価関数が共に例えば、 $9 \sim 1$ となる、半径 s の値を求める。この半径 s に基づき、位置ずれ量(非線形歪み)がほぼ似たような傾向を示す相互に隣接するショット領域の範囲を算出し、この算出結果に基づいて、ウエハW上の複数のショット領域をブロック化し、ブロック毎のショット領域の情報を各ブロック内の代表的なショット領域、例えば各ブロックに属する任意の1つのショット領域における位置ずれ量の計測値にそれぞれ対応づけて、内部メモリ内の所定領域に記憶する。

【0148】そして、次のステップ216では、各ブロック内の代表ショット領域の位置ずれ量に基づいて重ね合わせ露光を行う。具体的には、まず、設計上のショット領域の位置座標(配列座標)と、各ショット領域が属するブロック内の代表ショット領域における位置ずれデ

32

ータとに基づいて、ウエハW上の各ショット領域の重ね合わせ補正位置を算出する。すなわち、各ブロックに属するショット領域については、その代表ショット領域における位置ずれデータを共通に用いてブロック内の各ショット領域の設計上の位置座標をそれぞれその位置ずれデータによって補正して、ウエハW上の各ショット領域の重ね合わせ補正位置を算出する。そして、その重ね合わせ補正位置のデータと、予め計測したベースライン量とに基づいて、ウエハW上の各ショット領域の露光のための走査開始位置にウエハWを順次ステップングさせる動作と、レチクルステージRSTとウエハステージWSTとを走査方向に同期移動させつつレチクルパターンをウエハ上に転写する動作とを、繰り返して、ステップ・アンド・スキャン方式による露光動作を行う。これにより、ロット先頭(ロット内の第1枚目)のウエハWに対する露光処理が終了する。

【0149】次のステップ218では、前述したカウンタのカウント値 $m > 24$ が成立するか否かを判断することにより、ロット内の全てのウエハの露光が終了したか否かを判断する。ここでは、 $m=1$ であるから、この判断は否定され、ステップ220に進んで、カウンタのカウント値 m をインクリメント($m=m+1$)した後、ステップ202に戻る。

【0150】ステップ202において、不図示のウエハローダを用いて図1のウエハホルダ25上の露光処理済みのロット先頭のウエハとロット内の第2枚目のウエハWとを交換する。

【0151】次のステップ204では、前述と同様にして、ウエハホルダ25上にロードされたウエハW(この場合、ロット内の第2枚目のウエハ)のサーチアライメントを行う。

【0152】次のステップ206では、前述したカウンタのカウント値 m が、所定の値 $n=2$ 以上であるかを判断することにより、ウエハホルダ25(ウエハステージWST)上のウエハWが、ロット内の第 $n=2$ 枚目以降のウエハであるかを判断する。この場合、ウエハWはロット内の第2枚目のウエハであるから、 $m=2$ となっているので、ステップ206の判断は肯定され、ステップ214に移行する。

【0153】ステップ214では、各ブロック内の代表ショット領域の位置ずれを計測する。具体的には、内部メモリ内の所定領域に記憶されたブロック化の情報に基づいて、各ブロックに属するショット領域の内からそれぞれ任意の1つのショット領域を代表ショット領域としてそれぞれ選択し、それら各ブロック毎の代表ショット領域のウエハマークのステージ座標系における位置座標を検出する。そして、その検出結果に基づいて各ブロック毎の代表ショット領域のウエハマークの設計上の位置座標からの位置ずれ量を算出し、この算出結果を用いて各ブロックの情報と対応付けて内部メモリ内の所定領

(18)

特開2001-345243

33

域に記憶されている位置ずれ量の計測値を更新した後、ステップ216に進む。

【0154】なお、このステップ214において、各ブロックに属するショット領域の中から選択される代表ショット領域は、必ずしも1つでなくても、各ブロックに属するショット領域の総数より少ない数の任意の複数個のショット領域であっても良い。代表ショット領域として複数個のショット領域を選択する場合には、各ショット領域のウエハマークの設計上の位置座標からの位置ずれ量を上述と同様にしてそれぞれ算出し、それらの算出結果の平均値を用いて各ブロックの情報と対応付けて内部メモリ内の所定領域に記憶されている位置ずれ量の計測値を更新することとしても良い。

【0155】ステップ216では、前述と同様にして、ステップ・アンド・スキャン方式により、ロット内の第2枚目のウエハWに対する露光処理が行われる。そして、ロット内の第2枚目のウエハWの露光が終了すると、ステップ218に進み、ロット内の全てのウエハの露光が終了したか否かを判断するが、ここにおける判断は否定され、ステップ202に戻って、以降、ロット内の全てのウエハの露光が終了するまで、上記ステップ202～ステップ218の処理、判断が繰り返される。

【0156】そして、ロット内の全てのウエハの露光が終了し、ステップ218の判断が肯定されると、本ルーチンの一連の処理を終了する。

【0157】以上説明した本第2の実施形態によると、前述した第1の実施形態と同様に、評価関数の導入によって、経験則に頼ることなく、明確な根拠に基づいて、ウエハWの非線形歪みを評価することができる。そして、その評価結果に基づいてウエハW上の各ショット領域を同様の傾向の歪みが存在するショット領域毎にブロック化し、各ブロック毎に、ブロックを1つの単位として、従来のダイ・バイ・ダイ方式と同様の方式のウエハアライメント（以下、便宜上「ブロック・バイ・ブロック」方式と呼ぶ）を行うので、各ショット領域の配列ずれを線形成分のみならず非線形成分をも含めてほぼ正確に求めることができる。従って、上記各ショット領域の配列ずれに基づいて、ウエハW上の各ショット領域の露光のための走査開始位置にウエハWを順次ステップさせつつ、レチクルパターンをウエハW上の各ショット領域に転写することにより、ウエハW上の各ショット領域にレチクルパターンを非常に高精度に重ね合わせることができる。

【0158】また、本実施形態では、ロット内の第2枚目以降のウエハWの露光に際しては、ロット先頭のウエハと第2枚目以降のウエハとが同様の傾向の歪みが生じるものとして、同一のブロック分けをそのまま用いてブロック毎の代表ショット領域についての位置ずれ量を計測するのみである。このため、ロット内の全てのウエハ

34

について全ショット領域の位置計測を行う場合に比べて、計測点数の削減により、スループットを向上することができる。

【0159】なお、上記第2の実施形態では、ロット先頭のウエハの露光に際して、設計上のショット領域の位置座標（配列座標）と、各ショット領域が属するブロック内の代表ショット領域における位置ずれデータとに基づいて、ウエハW上の各ショット領域の重ね合わせ補正位置を算出し、算出結果に基づいて、各ショット領域を走査開始位置へ位置決めするものとしたが、これに限らず、上記のような演算を行うことなく、ステップ210で算出した各ショット領域の位置ずれ量の算出値に基づいて、各ショット領域を走査開始位置へ位置決めすることとしても良い。

【0160】また、上記第2の実施形態において、 n が3以上の整数に設定されている場合には、ロット内の最初の $(n-1)$ 枚（複数枚）のウエハについては、ステップ208からステップ212までの処理が、繰り返されることとなるが、この際、ステップ212では、第2枚目から第 $(n-1)$ 枚目までのウエハについては、例えばそれまでの各回の評価結果を総合的に勘案してショット領域のブロック化を決定することとすれば良い。また、第 $(n-1)$ 枚目までのウエハでそれぞれショット領域のブロック化を決定する必要はなく、少なくとも1枚のみでブロック化を決定するだけでも良い。

【0161】なお、上記第1及び第2の実施形態では、ウエハWの非線形歪みを評価するために、ショット領域毎にアライメントマークを検出してその座標値を求めるようにしたが、これに限らず、ショット領域毎にその設計上の座標値にベースライン量を加えた座標値にウエハを位置決めした状態でアライメント顕微鏡ASによってアライメントマークを検出して指標マークとの位置ずれ量を検出し、この位置ずれ量を用いて前述した非線形歪みを評価するようにしても良い。さらに、アライメント顕微鏡ASの代わりにレチクルアライメント系22を用いて、ショット領域毎にそのアライメントマークとレチクルRのマークとの位置ずれ量を検出し、この位置ずれ量を用いて前述した非線形歪みを評価するようにしても良い。すなわち、非線形歪みの評価に際しては、マークの座標値を必ずしも求める必要はなく、アライメントマーク又はこれに対応するショット領域に関する位置情報であれば、如何なる情報であっても、これを用いて前述した非線形歪みを評価することができる。

【0162】その他、上記の評価関数を用いた評価結果により得られる半径 s に基づいて、EGA方式、あるいは重み付けEGA方式、又はショット内多点EGA方式におけるEGA計測点数を適切に決定することもできる。

【0163】なお、上記各実施形態では、マーク検出系として、オフアクシス方式のFIA系（結像式のライ

35

メント顕微鏡)を用いる場合について説明したが、これに限らずいかなる方式のマーク検出系を用いても構わない。すなわち、TTR (Through The Reticle) 方式、TTL (Through The Lens) 方式、またオフアクシス方式の何れの方式であっても、更には検出方式がFIA系などで採用される結像方式(画像処理方式)以外、例えば回折光又は散乱光を検出する方式(LSA (Laser Step Alignment) 系、LIA (Laser interferometric Alignment) 系などであっても構わない。

【0164】さらに、本発明に係る位置検出方法は、露光装置においてソフトウェア、ハードウェアのいずれで実現しても良い。また、本発明は上記各実施形態の如き、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置に限らず、ステップ・アンド・リピート方式、又はプロキシミティー方式の露光装置(X線露光装置等)を始めとする各種方式の露光装置は勿論、露光装置以外のリニア装置、ウェハプロベ等に対しても全く同様に適用が可能である。

【0165】なお、露光装置で用いる露光用照明光(エネルギービーム)は紫外光に限られるものではなく、X線(20 EUV光を含む)、電子線やイオンビームなどの荷電粒子線などでも良い。また、DNAチップ、マスク又はレチクルなどの製造用に用いられる露光装置でも良い。

【0166】《デバイス製造方法》次に、上述した各実施形態に係る露光装置及びその露光方法をリソグラフィ工程で利用したデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

【0167】図6には、デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の製造例のフローチャートが示されている。図6に示されるように、まず、ステップ301(設計ステップ)において、デバイスの機能・性能設計(例えば、半導体デバイスの回路設計等)を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ302(マスク製作ステップ)において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ303(ウェハ製造ステップ)において、シリコン等の材料を用いてウェハを製造する。

【0168】次に、ステップ304(ウェハ処理ステップ)において、ステップ301〜ステップ303で用意したマスクとウェハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウェハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ305(デバイス組立ステップ)において、ステップ304で処理されたウェハを用いてデバイス組立を行う。このステップ305には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程(チップ封入)等の工程が必要に応じて含まれる。

【0169】最後に、ステップ306(検査ステップ)において、ステップ305で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工

(19)

特開2001-345243

36

程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

【0170】図7には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ304の詳細なフロー例が示されている。図7において、ステップ311(酸化ステップ)においてはウェハの表面を酸化させる。ステップ312(CVDステップ)においてはウェハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ313(電極形成ステップ)においてはウェハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ314(イオン打込みステップ)においてはウェハにイオンを打ち込む。以上のステップ311〜ステップ314それぞれは、ウェハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

【0171】ウェハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ315(レジスト形成ステップ)において、ウェハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ316(露光ステップ)において、上で説明した露光装置及び露光方法によってマスクの回路パターンをウェハに転写する。次に、ステップ317(現像ステップ)においては露光されたウェハを現像し、ステップ318(エッチングステップ)において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ319(レジスト除去ステップ)において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

【0172】これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返すことによって、ウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0173】以上説明した本実施形態のデバイス製造方法を用いれば、露光工程(ステップ316)において、ロット毎のウェハの露光処理に際して、上記実施形態の露光装置及びその露光方法が用いられるので、レチクルパターンとウェハ上のショット領域との重ね合わせ精度を高精度に維持し、かつ高いスループットで露光が行われる。この結果、より微細な回路パターンを重ね合わせ精度良くウェハ上に転写することが可能になり、スループットの向上とあいまって高精度のマイクロデバイスの生産性(歩留まりを含む)を向上させることができる。特に、光源にF、レーザー光源等の真空紫外光源を用いる場合には、投影光学系の解像力の向上とあいまって、例えば最小線幅が0.1μm程度であってもその生産性の向上が可能である。

【0174】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る評価方法によれば、基板の非線形歪みを経験則によらず、適切に評価することができるという効果がある。

【0175】また、本発明に係る位置検出方法によると、複数枚の基板を処理するに当たり、経験則によらず、基板上の複数の区画領域の位置を精度良くかつ高ス

50

(20)

特開2001-345243

37

ループで検出することができるという効果がある。

【0176】また、本発明に係る露光方法によれば、複数枚の基板を露光処理するに当たり、露光精度とスループットとをともに向上させることができるという優れた効果がある。

【0177】また、本発明に係るデバイス製造方法によれば、マイクロデバイスの生産性を向上させることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】第1の実施形態の露光装置によりウエハに対して第2層目以降の層の露光処理を行う際の主制御系の制御アルゴリズムを示すフローチャートである。

*【図3】式(8)の評価関数の意味内容を説明するためのウエハWの平面図である。

【図4】図3に示されるウエハに対応する具体的な評価関数 $W(s)$ の一例を示す線図である。

【図5】第2の実施形態の露光装置によりウエハに対して第2層目以降の層の露光処理を行う際の主制御系の制御アルゴリズムを示すフローチャートである。

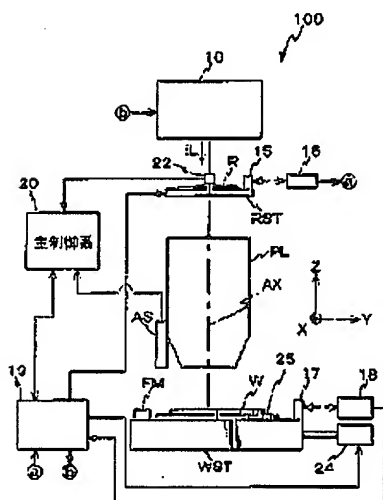
【図6】本発明に係るデバイス製造方法の一実施形態を説明するためのフローチャートである。

【図7】図6のステップ304の詳細な処理の一例を示すフローチャートである。

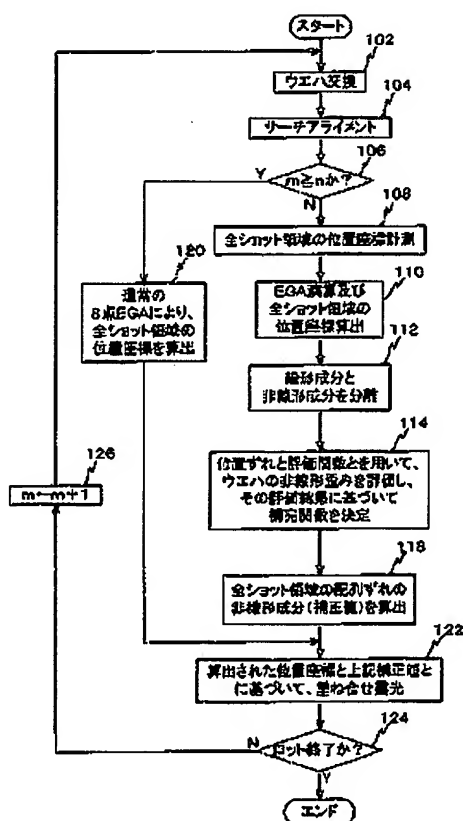
【符号の説明】

W…ウエハ(基板)、SA…ショット領域(区画領域)。

【図1】



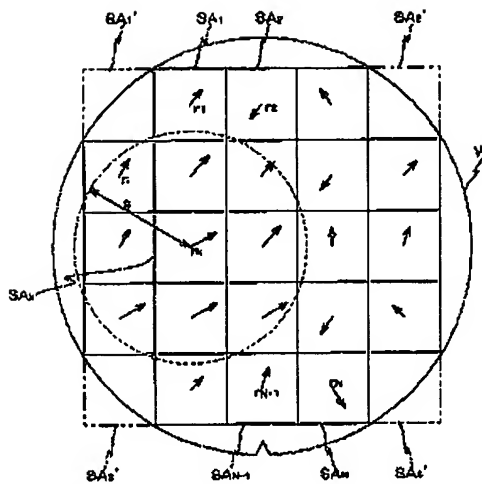
【図2】



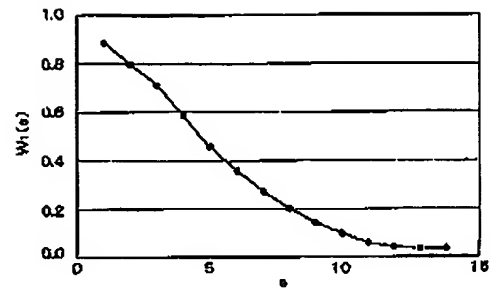
(21)

特開2001-345243

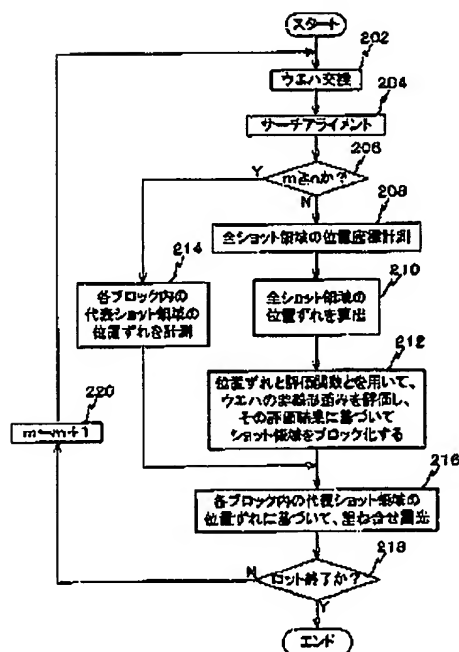
【図3】



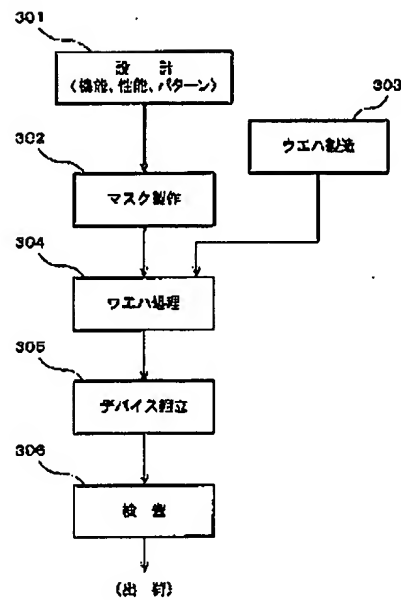
【図4】



【図5】



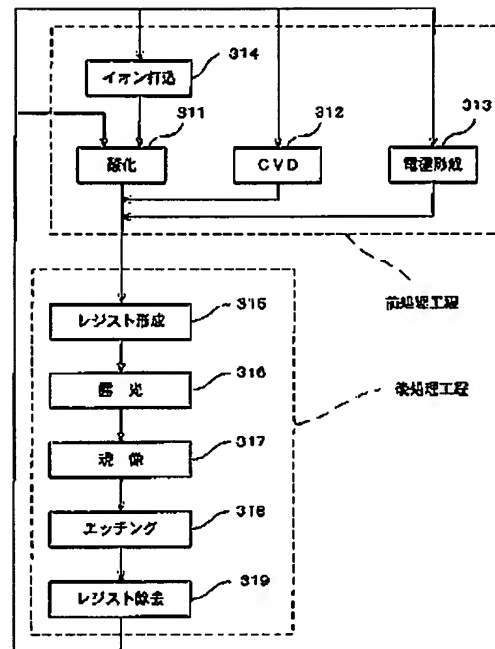
【図6】



(22)

特開2001-345243

【図7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA03 AA07 AA14 BB01 BB28
 CC20 DD09 DD06 FF01 FF04
 FF61 GG02 HH04 HH13 JJ03
 JJ26 MM02 PP11 QQ13 QQ18
 QQ25 QQ34 QQ38 RR02 RR08
 UU05
 5F046 BA05 DD03 EB05 ED02 FA17
 FC04 FC08

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.